



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Computação



Marleny Luque Carbajal

Design e desenvolvimento de um ambiente de
programação tangível de baixo custo para crianças

CAMPINAS
2016

Marleny Luque Carbajal

**Design e desenvolvimento de um ambiente de programação
tangível de baixo custo para crianças**

Dissertação apresentada ao Instituto de
Computação da Universidade Estadual de
Campinas como parte dos requisitos para a
obtenção do título de Mestra em Ciência da
Computação.

Orientadora: Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas

Este exemplar corresponde à versão final da
Dissertação defendida por Marleny Luque
Carbajal e orientada pela Profa. Dra.
Maria Cecília Calani Baranauskas.

CAMPINAS
2016

Agência(s) de fomento e nº(s) de processo(s): CAPES, 1225628/2013; CAPES, 1406885/2014

Ficha catalográfica
Universidade Estadual de Campinas
Biblioteca do Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica
Ana Regina Machado - CRB 8/5467

L974d Luque Carbajal, Marleny, 1985-
Design e desenvolvimento de um ambiente de programação tangível de baixo custo para crianças / Marleny Luque Carbajal. – Campinas, SP : [s.n.], 2016.

Orientador: Maria Cecília Calani Baranauskas.
Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual de Campinas, Instituto de Computação.

1. Interação humano-computador. 2. Computadores e crianças. 3. Tecnologia educacional. 4. Design de interação. 5. Programação (Computadores). I. Baranauskas, Maria Cecília Calani, 1954-. II. Universidade Estadual de Campinas. Instituto de Computação. III. Título.

Informações para Biblioteca Digital

Título em outro idioma: Design and development of a low cost tangible programming environment for children

Palavras-chave em inglês:

Human-computer interaction

Computers and children

Educational technology

Interaction design

Computer programming

Área de concentração: Ciência da Computação

Titulação: Mestra em Ciência da Computação

Banca examinadora:

Maria Cecília Calani Baranauskas [Orientador]

Rodrigo Bonacin

Islene Calciolari Garcia

Data de defesa: 08-08-2016

Programa de Pós-Graduação: Ciência da Computação



Universidade Estadual de Campinas
Instituto de Computação



Marleny Luque Carbajal

**Design e desenvolvimento de um ambiente de programação
tangível de baixo custo para crianças**

Banca Examinadora:

- Profa. Dra. Maria Cecília Calani Baranauskas
Instituto de Computação UNICAMP
- Prof. Dr. Rodrigo Bonacin
CTI Renato Archer
- Profa. Dra. Islene Calciolari Garcia
Instituto de Computação UNICAMP

A ata da defesa com as respectivas assinaturas dos membros da banca encontra-se no processo de vida acadêmica do aluno.

Campinas, 08 de agosto de 2016

Dedicatória

Aos meus pais, Teodora e Donato, por seus esforços e sacrifícios para dar-me a oportunidade de estudar.

Agradecimentos

- ★ À minha orientadora Prof.^a Dr.^a Cecília Baranauskas, por acreditar neste projeto, por ser um exemplo de profissional e uma maravilhosa pessoa.
- ★ A todos os membros do grupo InterHAD, pela amizade e presença em minhas apresentações e ensaios, durante as reuniões semanais. Suas sugestões e comentários me ajudaram a melhorar como pesquisadora e aprimorar meu projeto.
- ★ À minha família querida, pelo carinho e incentivo.
- ★ Ao Carlos Eduardo, por seu amor, paciência, ajuda e, sobretudo, por cuidar de mim quando mais precisava.
- ★ Ao Julian, por seu companheirismo, amizade e colaboração no meu projeto.
- ★ Aos meus professores e amigos da UNSAAC, pelo apoio nesta aventura acadêmica.
- ★ Aos meus colegas e amigos do Instituto de Computação que me ajudaram nas disciplinas do mestrado.
- ★ Aos meus amigos brasileiros, por compartilhar comigo a riqueza cultural de seu povo.
- ★ Aos meus amigos da comunidade peruana no Brasil, pelos bons desejos e apoio ao longo do mestrado.
- ★ À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) e ao Grupo Gestor de Benefícios Sociais (GGBS) pelo apoio financeiro concedido, que foi de fundamental importância para o desenvolvimento deste trabalho.

Resumo

Existem muitos estudos que demonstram que o contato com programação tem um impacto positivo no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sócio-emocionais das crianças. A programação tem sido discutida como uma forma de estimular o desenvolvimento do pensamento computacional nas crianças. No entanto, existem barreiras para a aprendizagem da programação; uma delas é o fato de a maioria das linguagens de programação existentes serem baseadas em abstrações na forma de textos e símbolos que são difíceis de entender, para elas. Uma forma potencialmente facilitada de introduzir as crianças à programação são as Interfaces Tangíveis. A abordagem das Interfaces Tangíveis propõe embutir elementos computacionais em materiais concretos, criando um recurso didático que une as vantagens da manipulação física à interação e multimídia providas pela tecnologia. Enriquecendo os materiais concretos, os recursos computacionais podem ajudar a trabalhar diversos sentidos (visão, audição, tato). No entanto, a tecnologia tangível é muitas vezes cara, delicada e difícil de customizar. Considerando o cenário exposto, nesta dissertação propomos e apresentamos o ambiente TaPrEC (*Tangible Programming Environment for Children*), um ambiente de programação tangível de baixo custo, criado com material resistente e de fácil customização, desenvolvido para ensinar conceitos básicos de programação. O ambiente permite às crianças criar programas tangíveis organizando blocos coloridos de madeira semelhantes a peças de quebra-cabeças. Nesta dissertação fornecemos detalhes técnicos da construção do TaPrEC, sua evolução e os principais aspectos e resultados obtidos durante o Estudo de Caso realizado para avaliá-lo, que contou com a participação de crianças e professores de ensino fundamental e foi desenvolvido ao longo de dois semestres num cenário educacional real.

Abstract

There are many studies that demonstrate that the contact with programming has a positive impact on the development of cognitive and socio-emotional skills in children. Programming has been discussed as a way to stimulate the development of computational thinking in children. However, there are barriers to the learning of programming; one of them is the fact that most existing programming languages are based on abstractions in the form of texts and symbols that are difficult to understand for children. A potentially facilitated way to introduce children to programming is by Tangible Interfaces. The approach of Tangible User Interfaces (TUI) proposes to embed computing elements in concrete materials, creating an educational feature that unites the advantages of physical interaction and multimedia handling provided by technology. Enriching the concrete materials, computational resources can help stimulate the computational thinking, in addition to working several senses (sight, hearing, touch). However, the tangible technology is often expensive, delicate and difficult to customize. In this scenario, we propose and present the TaPrEC (Tangible Programming Environment for Children), a low cost tangible programming environment created with resistant material and easy customization, developed to teach basic concepts of programming. The environment allows children to create tangible programs organizing wooden colored blocks similar to puzzle-pieces. In this dissertation we provide technical details of the construction of TaPrEC, its evolution and the main aspects and results obtained during the Case Study conducted to evaluate it with the participation of children and teachers of primary school, which was developed over two semesters in a real educational scenario.

Lista de Figuras

1.1	As camadas do Modelo Semio-participativo de Design [3]	17
2.1	Diagrama de partes interessadas [18]	19
2.2	Quadro de Avaliação [2]	20
2.3	Escada Semiótica [30]	20
2.4	Autoavaliação de Emoções [5]	21
3.1	Slot Machine [20]	23
3.2	AlgoBlock [31]	24
3.3	Tangible Programming Bricks [21]	24
3.4	Electronic Blocks [37]	25
3.5	Tern	26
3.6	T-Maze	27
3.7	E-Block [34]	27
4.1	<i>Componentes do ambiente TaPrEC</i>	31
4.2	Arquitetura do <i>Raspberry Pi</i> [25]	32
4.3	Modelos de <i>Raspberry Pi</i> [25]	32
4.4	Típico sistema RFID [16]	33
4.5	Dispositivos RFID	33
4.6	Hardware de baixo custo do ambiente TaPrEC	34
4.7	Blocos de Programação do ambiente TaPrEC	34
4.8	Formas dos blocos de programação	35
4.9	Ambiente <i>ScratchJr</i>	35
4.10	Subconjunto de blocos <i>ScratchJr</i> selecionados para o projeto TaPrEC	36
4.11	Conjunto inicial dos Blocos de Programação do TaPrEC	37
4.12	Modificação do bloco de fim	37
4.13	Modificação dos blocos de deslocamento diagonal	38
4.14	Ambiente de programação <i>Scratch 1.4</i>	40
4.15	Programa tangível no ambiente TaPrEC	41
4.16	Arquitetura do ambiente de programação tangível TaPrEC	42
4.17	Programa tangível para exemplificar a sintaxe de Sequências	42
4.18	Programa tangível que exemplificar a sintaxe de Repetições	43
4.19	Programa tangível para exemplificar a sintaxe de Procedimento	43
5.1	Professores do PRODECAD	48
5.2	Alunos do PRODECAD	48
5.3	Alunos e Professores trabalhando em equipes	50
5.4	Dinâmica das Oficinas Experimentais.	50
5.5	Crianças participando das Oficinas Experimentais	51

5.6	Professores participando das Oficinas Experimentais	52
5.7	Professoras preenchendo o Diagrama de partes interessadas e o Quadro de Avaliação.	53
5.8	Labirinto utilizado na oficina de Sequências.	54
5.9	Soluções das crianças na oficina de Sequências	55
5.10	Solução de uma equipe de professores na oficina de Sequências	55
5.11	Escada utilizada na oficina de Repetições	56
5.12	Solução de uma equipe de crianças para o exercício da escada	56
5.13	Solução de uma equipe de professores para o exercício da escada	57
5.14	Soluções dos participantes na oficina de Repetições	57
5.15	Figuras Geométricas utilizadas na oficina de Procedimentos	58
5.16	Estratégia adotada para resolver o problema das figuras geométricas	58
5.17	Solução dos participantes na oficina de Procedimentos	59
5.18	Solução de uma equipe de crianças para o desafio da oficina de Sequências	60
5.19	Solução de uma equipe de crianças para o desafio da oficina de Repetições	60
5.20	Solução de uma equipe de crianças para o desafio da oficina de Procedimentos	61
5.21	Diagrama de partes interessadas preenchido pelos professores	63
5.22	Quadro de Avaliação preenchido pelos professores	64
5.23	Escada Semiótica do ambiente TaPreC	65
5.24	Autoavaliação de Emoções com a escala de 9 pontos	67
5.25	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Introdução – 1s2015.	68
5.26	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências com os professores – 1s2015.	69
5.27	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências com as crianças – 1s2015.	70
5.28	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências – 2s2015.	71
5.29	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Repetições - 1s2015.	72
5.30	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Repetições - 2s2015.	73
5.31	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Procedimentos com os professores – 1s2015.	74
5.32	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Procedimentos com as crianças – 1s2015.	75
5.33	Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Procedimentos – 2s2015.	76
5.34	Crianças interagindo com o ambiente TaPreC	80

Lista de Tabelas

3.1	Características dos trabalhos relacionados	28
4.1	Principais diferenças técnicas entre os modelos de <i>Raspberry Pi</i>	32
4.2	Blocos de <i>ScratchJr</i>	36
4.3	Conjunto final de Blocos de Programação do TaPrEC	39
4.4	Custo de um kit do ambiente TaPrEC	44
4.5	Semelhanças e diferenças do ambiente TaPrEC com outros ambientes . . .	45
5.1	Total de participantes do Estudo de Caso	48
5.2	Número total de oficinas	49
5.3	Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com os professores – 1s2015	77
5.4	Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com os professores – 2s2015	77
5.5	Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com as crianças – 1s2015	78
5.6	Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com as crianças – 2s2015	78

Sumário

1	Introdução	14
2	Referencial teórico-metodológico	18
2.1	O Modelo Semio-participativo de Design	18
2.2	Autoavaliação de Emoções	21
3	Trabalhos relacionados	22
3.1	A origem: <i>Slot Machine</i>	22
3.2	<i>AlgoBlock</i>	23
3.3	<i>Tangible Programming Bricks</i>	24
3.4	<i>Electronic Blocks</i>	25
3.5	<i>Tern</i>	25
3.6	<i>T-Maze</i>	26
3.7	<i>E-Block</i>	27
4	Design e desenvolvimento do TaPrEC	30
4.1	Componentes do ambiente TaPrEC	31
4.1.1	Hardware de baixo custo	31
4.1.2	Blocos de Programação	34
4.1.3	Software de Controle	40
4.2	Conceitos básicos de programação	40
4.3	O ambiente proposto	41
4.3.1	Exemplos de programas tangíveis no ambiente TaPrEC	42
4.3.2	Custo do ambiente TaPrEC	44
4.3.3	TaPrEC em relação a outros ambientes	44
5	Estudo de Caso	47
5.1	Cenário do Estudo	47
5.2	Participantes	47
5.3	Métodos	48
5.4	Dinâmicas das oficinas	49
5.4.1	Dinâmica das Oficinas Experimentais	49
5.4.2	Dinâmica das Oficinas Semio-participativas	52
5.5	Resultados	53
5.5.1	Resultados das Oficinas Experimentais	53
5.5.2	Resultados das Oficinas Semio-participativas	62
5.5.3	Resultados da Autoavaliação de Emoções	67
5.5.4	Síntese do Estudo de Caso e Discussão	79

6 Conclusões e Trabalhos futuros	81
Referências Bibliográficas	85

Capítulo 1

Introdução

Os estudantes de hoje têm a oportunidade de viver em uma época onde a tecnologia é parte da vida cotidiana. Desde um relógio inteligente até sensores de irrigação, a sociedade atual está fortemente influenciada pela Computação. Então, resulta razoável acreditar que não basta esperar até que estejam na faculdade para introduzir conceitos da Ciência da Computação como parte da sua educação. Eles deveriam começar a trabalhar com a solução de problemas algorítmicos e ferramentas computacionais desde crianças. Em 2006, Jeannette Wing [36] defendeu que o pensamento computacional deveria ser incluído na formação de toda criança já que representa uma competência vital para a aprendizagem da ciência, tecnologia, engenharia e matemáticas. Wing definiu o pensamento computacional como uma maneira de resolver problemas e compreender o comportamento humano fazendo uso dos conceitos fundamentais da Ciência da Computação como a abstração, decomposição, entre outros conceitos. Wing descreve o pensamento computacional como uma "habilidade fundamental para todos, não apenas para cientistas da computação" (pag. 33).

O termo “pensamento computacional” foi usado pela primeira vez por Seymour Papert em 1980 no seu famoso livro *“Mindstorms Children, Computers, and Powerful Ideas”* [22]. Na introdução do livro, Papert discute como os computadores podem afetar a forma como as pessoas pensam e aprendem. A linguagem *Logo*, criada por Papert já na década de 1960, pode ser considerada a primeira linguagem de programação para crianças. O *Logo* forma parte da teoria do Construcionismo de Papert, uma abordagem pessoal do Construtivismo. Para Papert, na educação das crianças devemos dar a elas possibilidade de mais consciência do processo de aprendizado, mais controle e incentivá-las a participar desse processo. O autor do *Logo* reconheceu que a programação de computadores como uma atividade educacional tinha um grande potencial como veículo para aquisição de habilidades cognitivas tais como a resolução de problemas e a atitude reflexiva. Após o lançamento da linguagem *Logo* muitas escolas, principalmente nos Estados Unidos, começaram a introduzir a programação como parte dos seus currículos. Os primeiros estudos feitos com o *Logo* [6] sobre as vantagens da programação na escola mostraram que as crianças demonstraram maior capacidade de atenção, mais autonomia e um maior prazer pelo descobrimento de novos conceitos.

Resnick [27] afirma que as potencialidades da programação junto com a sua capacidade para permitir aos usuários serem criadores (e não apenas consumidores) de programas

computacionais, fornecem resultados positivos para o aluno. Estudos mais recentes mostraram que aprender a programar tem um impacto positivo na criatividade e na resposta emocional das crianças com dificuldades de aprendizagem e também no desenvolvimento de habilidades cognitivas e sócio-emocionais [17]. Quando programam, as crianças exploram os conceitos fundamentais de sequenciamento, reconhecimento de padrões, e de causa e efeito [15]. Alguns estudos mostraram que o ensino de programação pode ter um efeito positivo sobre o desempenho das crianças, não só em áreas como matemática e ciências, mas também nas habilidades de linguagem, criatividade, interação social e emocional [7].

Dadas as vantagens do ensino de programação nas escolas, muitos esforços têm sido feitos para criar ambientes de aprendizagem da programação, que tornem o aprendizado do pensamento computacional e a programação mais fácil, mais agradável e mais eficiente. Ambientes como *Logo*, *Alice* e *Scratch* [22, 8, 19] são considerados adequados para as crianças. Esses ambientes de programação permitem a manipulação de objetos virtuais com uma vasta variedade de comandos. No entanto, as crianças ainda enfrentam barreiras na aprendizagem da programação. A maioria das linguagens de programação existentes estão baseadas em textos e símbolos que são difíceis de entender para as crianças [29]. Foi demonstrado [38] que as Interfaces de Programação Tangíveis são especialmente adequadas para introduzir as crianças na programação porque tornam os conceitos mais acessíveis. A teoria de Piaget [26] oferece uma base teórica para a promoção da utilização das Interfaces Tangíveis, ao mostrar que a interação com o mundo físico é essencial para as crianças durante seu processo de desenvolvimento da inteligência.

Uma Interface de Usuário Tangível (TUI- *Tangible User Interface*) [14] permite que o usuário possa interagir com a informação digital por meio da manipulação de um objeto físico diferente aos periféricos tradicionais como o teclado ou o *mouse*. As TUIs buscam mudar o paradigma tradicional de entrada e saída, criando novas possibilidades de interação que unem os mundos digital e físico. Algumas vantagens trazidas pelas TUIs para a educação são [39]: i) o engajamento sensorial, as crianças aprendem de forma natural, usando vários sentidos (toque, visão, audição) em um processo construtivo que aumenta a retenção e transferência do conteúdo; ii) a acessibilidade, TUIs fornecem mais opções a crianças com necessidades especiais; iii) a aprendizagem em grupo, TUIs facilitam trabalho colaborativo e discussões. Existem autores [13] que afirmam que as linguagens de programação baseadas nas TUIs têm o potencial de facilitar a aprendizagem de sintaxes complicadas, de promover a colaboração, e facilitar aos professores manter um ambiente positivo de aprendizagem.

Entretanto, a tecnologia envolvida na implementação das Interfaces Tangíveis muitas vezes é cara, delicada e não-padronizada dificultando seu uso em sala de aula onde o custo é sempre um fator importante e a tecnologia que não é confiável acaba sendo não utilizada [11]. Na revisão da literatura que realizamos encontramos diferentes ambientes de programação tangíveis e identificamos que demandaram conhecimento sobre eletrônica ou visão computacional para serem desenvolvidos. Nesses ambientes foi necessário o investimento em materiais como microprocessadores, sensores ou equipamento para executar software de visão computacional. É muito provável que países em desenvolvimento ainda não possam investir neste tipo de tecnologia por razões econômicas, somando-se o fato de que precisariam de pessoas altamente capacitadas para configurar esses ambientes e

que, além disso, possam dar suporte técnico a sua utilização. Outro problema com esses ambientes computacionais é o fato de terem sido construídos sem o envolvimento das partes interessadas (alunos e professores). Utilizar esses ambientes num contexto educativo para o qual não foram pensados pode significar forçar essa tecnologia nesse contexto o que seria um processo complicado e longo.

Neste trabalho buscamos tornar o acesso à programação uma atividade que seja acessível para as mentes das crianças, tornando-a mais direta e menos abstrata e que fomente a colaboração para que um pequeno grupo de crianças possa entrar em contato com o pensamento computacional e construir programas de computador juntos. Se considerarmos ambientes de programação tradicionais, é difícil pensar na colaboração porque somente um usuário pode digitar no teclado de cada vez. Quando um programa é construído a partir de objetos físicos, várias pessoas podem trabalhar em conjunto para montar ou modificar o programa como uma equipe. Nossa motivação principal é criar um ambiente que requeira um investimento mínimo para que o fator econômico não seja um impedimento para introduzir a programação tangível nas escolas de países menos favorecidos economicamente. Além disso, envolvemos no processo de design as principais partes interessadas (pesquisadores, professores, alunos) para garantir que a solução criada faça sentido para elas. Portanto, a pergunta de pesquisa deste trabalho é: *Como introduzir as crianças na programação de computadores utilizando Interfaces Tangíveis baseadas em tecnologias atuais de baixo custo e envolvendo as principais partes interessadas?*

Considerando o exposto, o objetivo desta pesquisa é projetar, criar e avaliar um ambiente de programação de baixo custo baseado nas Interfaces Tangíveis que envolva durante o processo de design as partes interessadas. Nossos objetivos específicos são: i) criar um ambiente que requeira um investimento mínimo; ii) criar peças tangíveis duráveis e de fácil criação e extensão; iii) criar um ambiente que seja fácil de gerenciar e personalizar; iv) envolver as principais partes interessadas (pesquisadores, alunos e professores) no processo de design. Para atingir esse objetivo, utilizamos o modelo Semio-participativo de Design [3], inspirado na Semiótica Organizacional, que articula ao mesmo tempo o desenvolvimento de sistemas interativos e práticas sociais com as partes interessadas.

No modelo Semio-participativo de Design, o conceito de usuário não cabe e é substituído por “partes interessadas” no produto e processo de design, como forma de respeitar valores, interesses e competências daqueles envolvidos no produto e/ou processo de design. Essa reconceitualização de papéis implica em reconhecer nos usuários a competência para design e possibilitar seu envolvimento criativo e responsável em soluções de design. No modelo Semio-participativo de Design, o desenho de uma solução para o problema envolve pensar articuladamente em três camadas de significados: informal, formal e técnica (Figura 1.1); relativas ao problema em questão. No nível informal significados e intenções são estabelecidos, crenças são formadas e compromissos são estabelecidos e alterados. No nível formal, formas e regras substituem significados e intenções. Finalmente no nível técnico, soluções técnicas são geradas como consequência dos significados dos níveis anteriores. O motor do modelo são as Oficinas Semio-participativas que movem o processo de design pelas camadas informal, formal e técnica, ao longo do ciclo de vida do design.

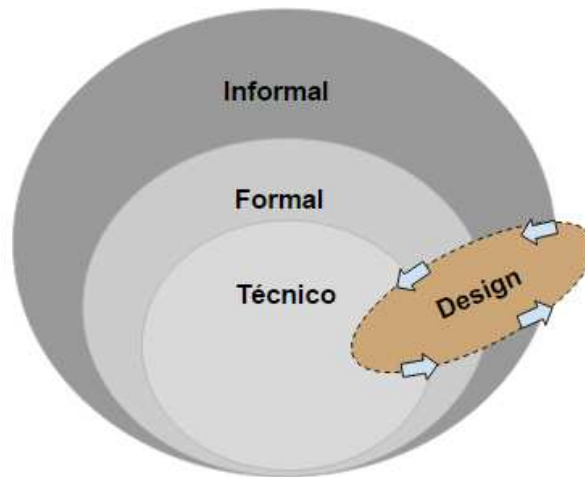


Figura 1.1: As camadas do Modelo Semio-participativo de Design [3]

Considerando o que foi exposto, neste trabalho propomos um ambiente de programação tangível para crianças, o qual denominamos como TaPrEC, acrônimo de “*Tangible Programming Environment for Children*”. O ambiente permite que as crianças criem programas de computador utilizando objetos tangíveis. A execução do programa tangível é feita no contexto de programação *Scratch*, um ambiente de programação criado pelo *Massachusetts Institute of Technology* (MIT). A arquitetura do ambiente TaPrEC está composta pelo dispositivo *Raspberry Pi*, um computador de placa única (SBC - *Single-Board Computer*) do tamanho de um cartão de crédito, inspirado nas demandas de contextos sócio econômicos com poucos recursos. Almejamos que o ambiente proposto permita às crianças aprender conceitos básicos de programação, que seja uma alternativa de baixo custo para o ensino de programação nas escolas e possibilite uma transição mais suave para ambientes virtuais de aprendizagem e o mundo da programação de computadores.

Assim, esta dissertação é organizada em seis capítulos. Neste Capítulo 1 apresentamos os objetivos e as motivações desta pesquisa. Na sequência, no Capítulo 2 detalhamos o referencial teórico-metodológico desta pesquisa. No Capítulo 3 descrevemos os principais trabalhos relacionados a nosso projeto. No Capítulo 4 detalhamos o design e desenvolvimento do TaPrEC, a solução tecnológica criada. No Capítulo 5 descrevemos os principais aspectos e resultados obtidos no Estudo de Caso realizado com professores e crianças de ensino fundamental. Finalmente, no Capítulo 6, apresentamos nossas conclusões e próximos passos.

Capítulo 2

Referencial teórico-metodológico

O objetivo deste capítulo é detalhar o modelo de design utilizado como base metodológica para esta dissertação, assim como o método utilizado para a avaliação afetiva das partes interessadas.

2.1 O Modelo Semio-participativo de Design

Neste modelo, design é um processo social com focos tanto na caracterização da situação de design, como na proposição de soluções. Envolve diálogo não somente com materiais de design mas principalmente entre indivíduos (designers e outras partes interessadas) com diferente pontos de vista e diferentes maneiras de considerar situações de design. Vários artefatos (informais, formais e técnicos) são utilizados como ferramentas de comunicação e mediação com os participantes durante o processo de design do sistema interativo [3]. Os artefatos do Modelo Semio-participativo de Design têm o objetivo de articular soluções para os problemas antecipados, encontrados no cotidiano das principais partes interessadas. A seguir descreveremos os artefatos: Diagrama de partes interessadas, Quadro de Avaliação e Escada Semiótica.

O objetivo do **Diagrama de partes interessadas** é clarificar o problema e compartilhar conhecimento no grupo determinando, de forma o mais abrangente possível, sobre o escopo de partes direta ou indiretamente envolvidas no problema e no impacto de suas soluções. A análise de partes interessadas ajuda o grupo de participantes a entender a situação real do problema e os requisitos de soluções pretendidas, por meio da discussão e levantamento das partes, que direta ou indiretamente influenciam ou sofrem a influência do problema e/ou sua solução. As partes interessadas são distribuídas, usando *post its* que são colados em pôsteres contendo o artefato, nas seguintes categorias:

- Atores e Responsáveis: aqueles que contribuem diretamente ao problema ou sua solução e/ou são afetados diretamente por ele.
- Clientes e Fornecedores: aqueles que fornecem dados e/ou são fonte de informações ao problema ou a sua solução, ou fazem uso deles.
- Parceiros e Concorrentes: aspectos de mercado relacionados ao problema.

- Espectador e Legislador: representantes da comunidade que influenciam e são influenciados pelo problema no contexto social.

Uma mesma parte interessada pode ser alocada em uma ou várias camadas do diagrama indicando diferentes interesses no projeto. A Figura 2.1 ilustra o Diagrama de partes interessadas, as diferentes categorias representam diferentes “forças de informação” em relação ao problema em análise.

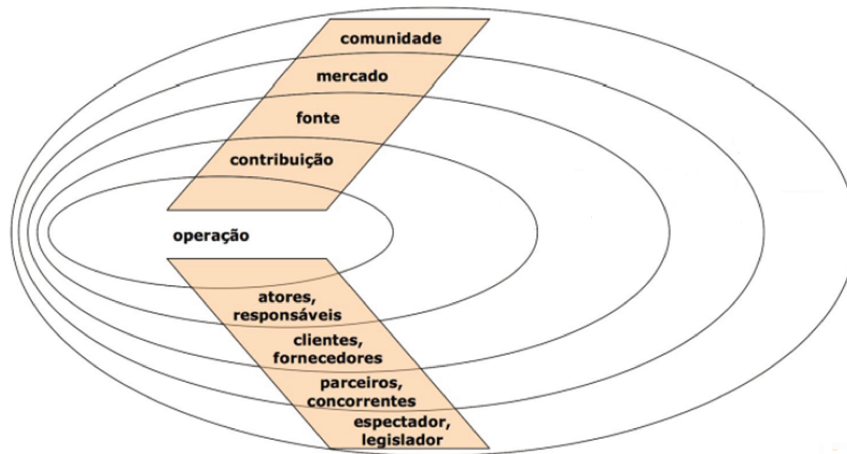


Figura 2.1: Diagrama de partes interessadas [18]

O **Quadro de Avaliação** é um artefato que estende o Diagrama de partes interessadas para cada categoria de parte interessada (Contribuição, Fonte, Mercado, Comunidade) em dois momentos: i) primeiramente, diferentes problemas que enfrentam na situação atual ou vislumbram como problemas em potencial na situação prospectiva (com o objeto de design) e; ii) ideias e soluções aos problemas identificados. Esse artefato possibilita centrar nas partes interessadas uma discussão que tenta antecipar problemas e projetar uma realidade em que o objeto prospectivo já se encontra presente. Esse exercício resulta em elementos (expressos em *post its*) que permitem identificar, para cada categoria de partes interessadas, seus interesses, principais questões, e ideias possíveis que impactarão em requisitos de usuário para soluções técnicas ao problema. As respostas que o grupo levanta para esses dois momentos são representadas nas colunas 2 e 3 do Quadro (Figura 2.2).

Partes Interessadas	Questões/Problemas	Ideias e Possíveis Soluções
Operação		
Contribuição Atores, responsáveis		
Fonte Clientes, fornecedores		
Mercado Parceiros, concorrentes		
Comunidade Espectador, legislador		

Figura 2.2: Quadro de Avaliação [2]

A **Escada Semiótica** (Figura 2.3) é composta de seis camadas (ou degraus), conforme descrevemos a seguir:

- **Mundo Social:** camada na qual analisamos consequências do uso de signos nas atividades humanas. Lida com crenças, expectativas, compromissos, lei, cultura, etc.
- **Pragmática:** camada que estuda o uso intencional de signos e o comportamento de seus agentes. Questões relacionadas a intenção e negociação são objetos da pragmática.
- **Semântica:** trata das relações entre um signo e aquilo a que se refere; signos em todos os modos de significação.
- **Sintática:** trata da combinação de signos sem considerar sua significação específica.
- **Empírico:** lida com as propriedades estáticas dos signos, quando mídias e dispositivos físicos diferentes são usados.
- **Mundo Físico:** trabalha com os aspectos físicos dos signos e suas marcas.

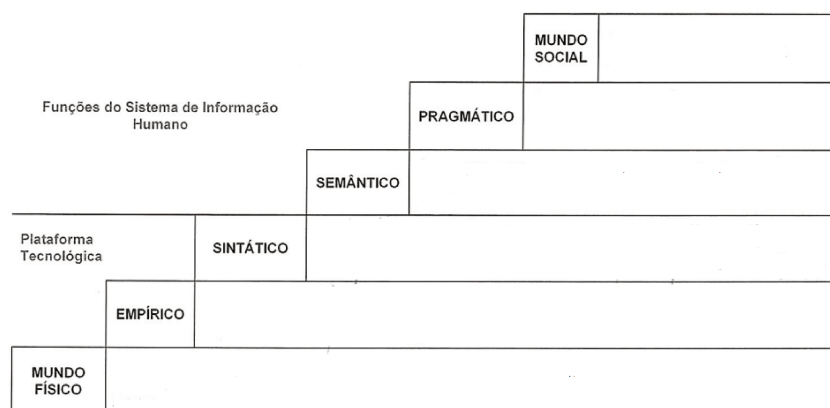


Figura 2.3: Escada Semiótica [30]

As três camadas superiores da escada são relacionadas ao uso de signos, como eles funcionam na comunicação de significados e intenções, e quais são as consequências sociais de seu uso. As três camadas inferiores respondem questões relacionadas a como signos são estruturados e usados na linguagem, como são organizados e veiculados, que propriedades físicas possuem. No contexto do Modelo Semio-participativo de Design [4], a Escada Semiótica é um artefato que foi adaptado para organizar requisitos do sistema interativo nas seis camadas de informação, bem como para organizar elementos de avaliação do sistema, considerando aspectos desde sua infraestrutura tecnológica (mundo físico, empírico, camada sintática), até o sistema de informação humana (camada semântica, pragmática e mundo social).

2.2 Autoavaliação de Emoções

A Autoavaliação de Emoções (SAM - *Self-Assessment Manikin*) [5] consiste em um sistema de classificação pictórica para avaliar diretamente a Satisfação, Motivação e Controle em resposta a um objeto ou evento. As escalas da Autoavaliação de Emoções apresentam vários bonecos ao longo das três dimensões afetivas (Figura 2.4).

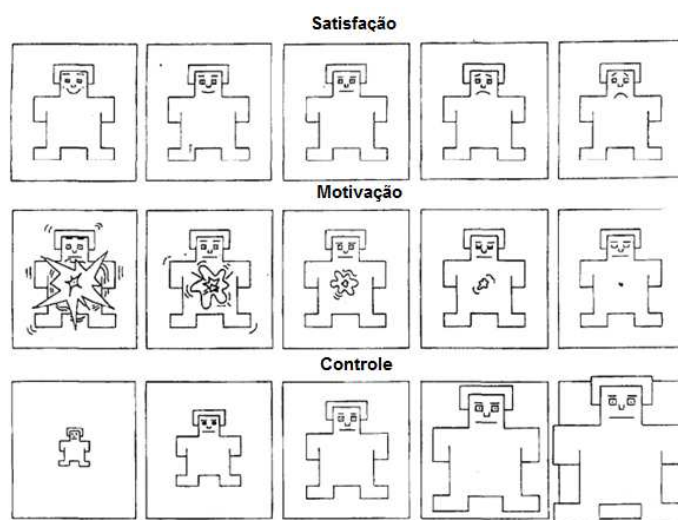


Figura 2.4: Autoavaliação de Emoções [5]

Na dimensão de Satisfação, a escala varia de um boneco feliz e sorridente a um boneco triste. Na dimensão de Motivação varia de uma figura animada com os olhos abertos até uma figura sonolenta. A dimensão de Controle representa mudanças no domínio sobre o objeto ou situação, relacionadas às mudanças no tamanho das figuras: a figura maior indica o máximo controle da situação; está propositalmente apresentada na ordem inversa das dimensões anteriores, isto é do menor controle da situação ao maior controle.

Capítulo 3

Trabalhos relacionados

Este capítulo é dedicado a ilustrar alguns trabalhos que abordam cenários de programação tangível, seus recursos tecnológicos, formas de interação e resultados de avaliação, com o objetivo de delinear o contexto desta pesquisa.

O conceito de programação tangível, o uso de técnicas de interação tangível para construir programas de computador, nasceu na década de 1970 quando Radia Perlman criou o *Slot Machine* [23] que permitia a criação de programas físicos de *Logo*. Desde então, diversos grupos de investigação criaram uma variedade de sistemas de programação tangíveis que suportam a construção física da estrutura de um algoritmo. Em cada um desses sistemas os usuários têm que conectar ou empilhar peças para criar um programa de computador. Alguns deles conseguem controlar objetos virtuais no monitor (*AlgoBlock* [31], *T-Maze*[33], *E-Block*[35]) e outros, objetos Lego e robôs (*Tangible Programming Bricks*[21], *Electronic Blocks*[37], *Tern*[12]). A seguir detalhamos alguns desses ambientes.

3.1 A origem: *Slot Machine*

Na década de 1970, Papert e seus alunos no MIT AI Lab começaram pesquisar métodos para introduzir as crianças ao mundo da Ciência da Computação. Essa pesquisa inicial levou à criação da linguagem de programação *Logo* e a tartaruga do *Logo*, que se movia através do chão em resposta a simples comandos como “para frente”, “para trás”, “esquerda” e “direita”. A tartaruga podia ser adaptada para ter na sua estrutura uma caneta e ser usada para desenhar figuras numa grande folha de papel colocada no chão. As crianças aprenderam como mover a tartaruga para que desenhasse figuras básicas como triângulos, quadrados, círculos, entre outros. Papert expôs a geometria da tartaruga [1] como uma nova e mais acessível maneira de ensinar conceitos de geometria às crianças. Ao longo de vários anos de ensino do *Logo*, ficou claro para os pesquisadores que a maioria das crianças não estavam prontas para começar a programar computadores da maneira tradicional (por exemplo, digitando código usando um teclado) até, pelo menos os 10-14 anos de idade.

Radia Perlman, uma estudante formada no Laboratório *Logo* do MIT, acreditava que os principais obstáculos ao acesso das crianças à programação de computadores não eram apenas a sintaxe da linguagem, mas também a interface do usuário. Perlman [24] passou a criar interfaces para que crianças da pré-escola conseguissem aprender a programar a

tartaruga do *Logo*. O *Slot Machine* (Figura 3.1) foi uma das suas criações. O *Slot Machine* empregava cartões de plástico que podiam ser inseridos em *racks* coloridos (vermelho, amarelo ou azul). No lado esquerdo de cada *rack* havia um botão "*Do it*" (Faça isso). Quando a criança apertava esse botão, a tartaruga realizava as ações desenhadas nos cartões inseridos no *rack*, na sequência da esquerda para a direita. Quando uma ação estava sendo executada, uma lâmpada que ficava embaixo do cartão se acendia. O design do *Slot Machine* permitia manusear o programa diretamente, agregando, reorganizando e retirando cartões com as mãos.

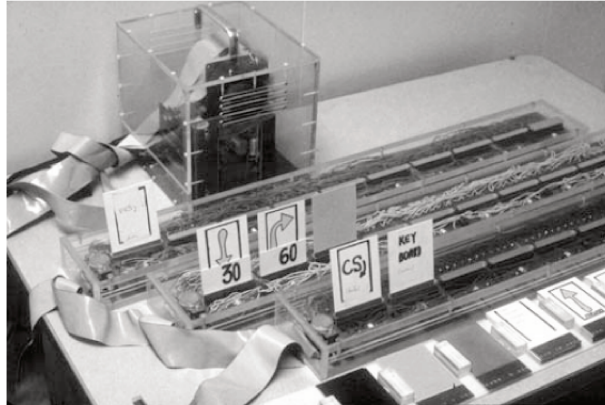
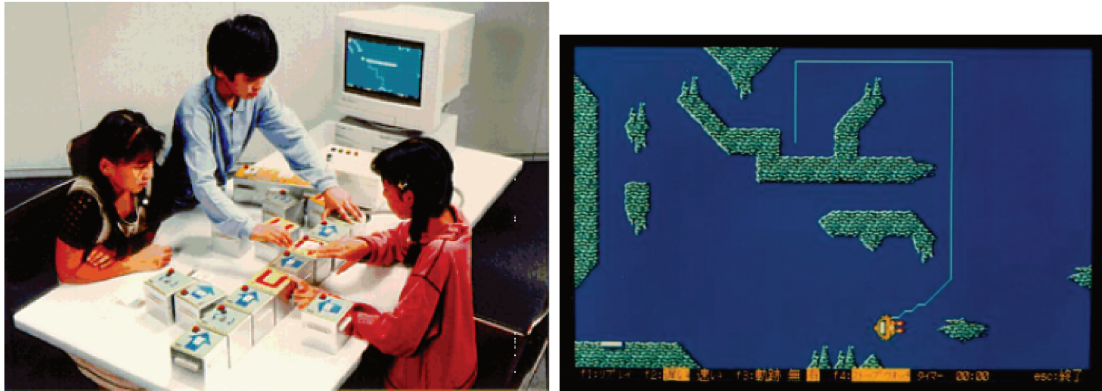


Figura 3.1: Slot Machine [20]

3.2 *AlgoBlock*

O termo “Programação Tangível” foi usado pela primeira vez em 1993 no Japão quando os pesquisadores Suzuki e Kato desenvolveram o *AlgoBlock* [31], um ambiente que apoiava as crianças na aprendizagem de programação utilizando uma atividade de vídeo-game. Este ambiente de programação colaborativa permitia aos usuários manipular blocos de alumínio que podiam ser conectados entre si para formar um programa executável com o objetivo de deslocar um submarino em um labirinto aquático (Figura 3.2(b)). A programação era uma tarefa física, mas a execução do programa era virtual (o submarino se deslocava num monitor). Durante a execução, um LED em cada bloco era aceso no momento em que o comando era executado. Argumentaram que o tamanho dos blocos (aproximadamente de 15cm) era para melhorar a coordenação e conscientização na aprendizagem colaborativa. Os autores realizaram um experimento de avaliação com um grupo de três crianças de 12 anos de idade com o objetivo de observar a interação entre eles (Figura 3.2(a)). Para a avaliação usaram cinco tipos de comando: *GO-FORWARD* (para frente), *GO-RIGHT* (para direita), *GO-LEFT* (para esquerda), *ROTATE* (girar) e *LEG-FOLD* (usado para que o submarino embarque).



(a) Avaliação com crianças

(b) Labirinto aquático

Figura 3.2: AlgoBlock [31]

3.3 *Tangible Programming Bricks*

Em 1999, Timothy S. McNerney projetou e construiu o sistema *Tangible Programming Bricks* [21] como uma plataforma para explorar linguagens de programação tangíveis. Interessado na simplicidade e acessibilidade, o autor criou um sistema 1-D de peças *Lego* empilháveis que podia ser utilizado para construir programas simples. Cada peça tinha incorporada um microprocessador com um interpretador *Logo* e uma memória programável para armazenar um programa *Logo*. Para o usuário final, *Tangible Programming Bricks* oferece dois *affordances* para a construção de programas: i) inserindo cartões de parâmetros; e ii) empilhando as peças acima ou abaixo de outra (Figura 3.3). Com base nestas duas técnicas básicas de interação, McNerney implementou três linguagens de programação simples: uma para controlar carros de brinquedo, outra para controlar trens de brinquedo e a última para controlar fornos de microondas. O projeto trabalha com conceitos de programação mais sofisticados como o uso de parâmetros e a instrução condicional. No entanto, não existe um mecanismo para ajudar as crianças descobrir possíveis erros.

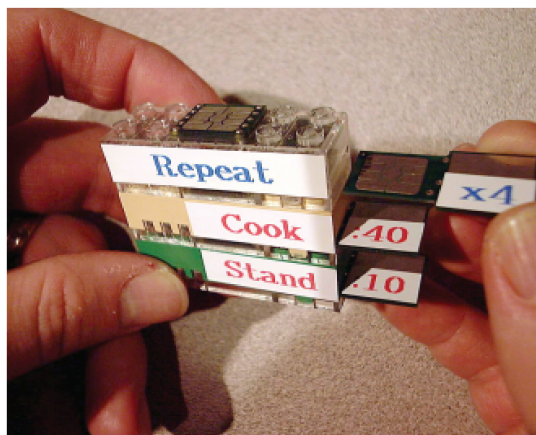
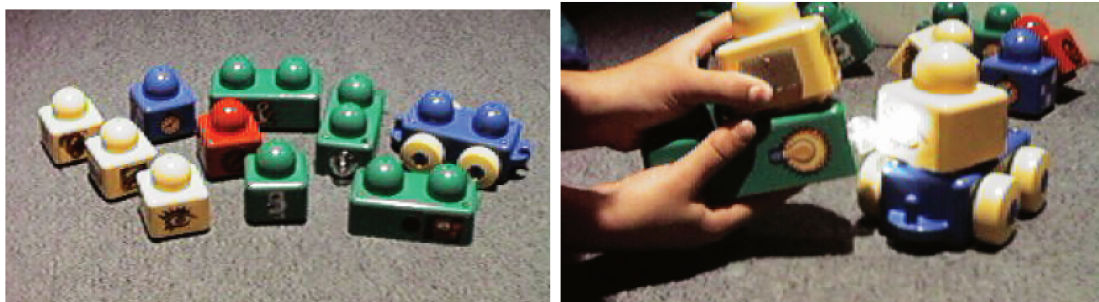


Figura 3.3: Tangible Programming Bricks [21]

3.4 *Electronic Blocks*

Os *Electronic Blocks* [37] são blocos *Lego* com circuitos eletrônicos embutidos neles projetados para que crianças criem programas de computador tangíveis empilhando os blocos. Cada pilha de blocos representa uma função diferente. Está composto por três tipos de blocos de construção: o bloco sensor como entrada, o bloco lógico, e o bloco ação como saída (Figura 3.4(a)). O sistema oferece pouco *feedback* em tempo real que origina uma depuração difícil para crianças menores. A avaliação de *Electronic Blocks* ocorreu numa escola de ensino fundamental com crianças com idades entre 4 e 8 anos (Figura 3.4(b)).



(a) Os três tipos de blocos

(b) Avaliação com crianças

Figura 3.4: Electronic Blocks [37]

3.5 *Tern*

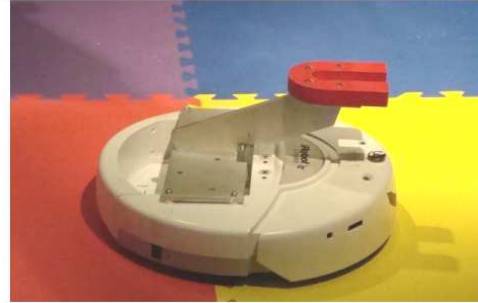
Tern [12] é uma linguagem de programação tangível projetada para fornecer uma fácil introdução na programação aos alunos do ensino médio e os últimos anos do ensino fundamental. *Tern* combina materiais de baixo custo e visão computacional para oferecer um ambiente de programação portátil e flexível. Atualmente é utilizado em uma exposição permanente no Museu de Ciência de Boston chamada *Robot Park* [13] que serviu para avaliar a linguagem no marco de um estudo comparativo entre as Interfaces Tangíveis e as Interfaces Gráficas.

A linguagem *Tern*, desenvolvida por Michael S. Horn na Universidade Tufts (Boston, EE.UU, 2006), permite criar programas tangíveis conectando blocos de madeira em forma de peças de quebra-cabeça (Figura 3.5(a)). Os blocos não contêm componentes eletrônicos ou fontes de alimentação; em vez disso, cada bloco possui um símbolo circular chamado *TopCode* [10], colado na superfície. Para criar programas tangíveis, as crianças trabalham em ambientes *off-line*, como em mesas ou no chão. Os programas são utilizados para controlar robôs virtuais na tela do laptop ou robôs como o *Lego Mindstorms RCX* ou o *iRobot Create* (Figura 3.5(b)). *Tern* inclui comandos de ações, repetições, sub-rotinas, valores de parâmetros e uma estrutura condicional. Quando estão prontos para compilar utilizam uma estação de digitalização portátil composta de uma câmera digital conectada a um laptop ou um tablet. As crianças precisam usar manualmente a câmera para capturar a imagem dos blocos que será transferida para o laptop e compilada usando visão computacional. No entanto, a tecnologia de visão computacional está limitada pela

iluminação e capturar manualmente a imagem dos blocos é difícil para as crianças mais novas.



(a) Blocos de madeira [12]



(b) iRobot Create [13]

Figura 3.5: Tern

3.6 *T-Maze*

A ferramenta de programação tangível *T-Maze* [33] tem como objetivo cultivar habilidades do pensamento computacional por meio da construção de programas de computador utilizando um conjunto de blocos de madeira que são interligados por ímãs. Os blocos de madeira representam comandos básicos de programação. O ambiente utiliza tecnologia de visão computacional para converter automaticamente os programas físicos em código digital e fornecer uma interface de programação com gráficos em tempo real e informações de voz. *T-Maze* está composto por um labirinto virtual onde as crianças podem controlar um avatar utilizando os blocos de programação (Figura 3.6(a)). Outro componente importante são três sensores introduzidos para estimular a interação da criança com o sistema, isto com a tentativa de familiarizar a criança com o mecanismo *trigger*¹ da programação. Para a avaliação do ambiente em termos de usabilidade, os autores conduziram estudos que envolviam crianças entre 5 e 9 anos (Figura 3.6(b)).

¹ *Trigger* é um recurso de programação executado sempre que um evento associado ocorrer.

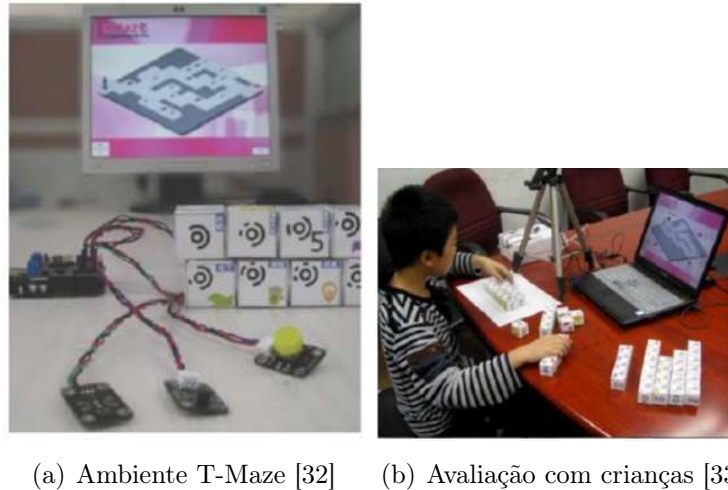


Figura 3.6: T-Maze

3.7 *E-Block*

E-Block [35] é uma ferramenta de programação tangível projetada para crianças entre 5 e 9 anos que oferece uma compreensão preliminar do conceito de programação. *E-Block* define um conjunto de blocos de programação (Figura 3.7(a)) que servem como dados de entrada e permite às crianças escrever programas tangíveis. O símbolo na superfície do bloco de programação é utilizado para ilustrar a função que realiza. A informação da sequência de blocos é transferida para o computador por meio de microcomputadores e, em seguida, é traduzido em informação semântica. O sistema utiliza tecnologias *wireless* e infravermelho; e fornece ao usuário *feedback* no monitor e nos blocos de programação. O projeto destaca as potenciais vantagens do uso de microcomputadores SCM (*Single Chip Microcomputer*) para desenvolver ferramentas tangíveis de programação para crianças. Para avaliar o sistema, os autores realizaram um estudo comparativo entre o *T-Maze* e o *E-Block* com um total de 11 crianças (Figura 3.7(b)).

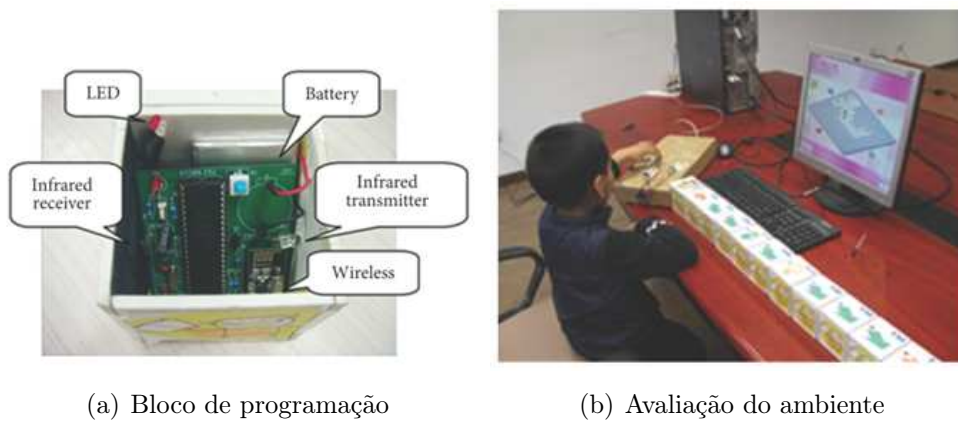


Figura 3.7: E-Block [34]

Na Tabela 3.1 apresentamos o resumo das características dos ambientes descritos anteriormente e que variam quanto aos objetos tangíveis, a tecnologia embutida neles, os

conceitos de programação que trabalham e a avaliação realizada com eles. Podemos distinguir dois tipos de tecnologias utilizadas nos objetos tangíveis: i) circuitos eletrônicos, microprocessadores e microcomputadores; e ii) visão computacional. No primeiro caso, para montar uma peça tangível é preciso ter conhecimentos básicos de eletrônica. No segundo caso, os projetos apresentados (*Tern* e *T-Maze*) utilizam códigos *TopCode* que precisam conhecimento de programação na linguagem *Java*. Então, entendemos que apenas pessoas especialistas conseguirão configurar, consertar ou personalizar os objetos tangíveis. As diferentes propostas oferecidas para a programação tangível utilizam tecnologias que requerem investimentos diferentes. O grupo que utiliza microprocessadores ou circuitos eletrônicos, requer um investimento maior por tratar-se de tecnologia mais sofisticada. Os ambientes que utilizam visão computacional, o investimento se eleva se consideramos os computadores especializados necessários para processar o software de visão computacional e uma câmera com boa resolução para garantir a captura dos códigos.

Projeto	Crianças (idades)	Objetos Tangíveis	Conceitos de programação	Avaliação em contexto real
<i>AlgoBlock</i> [31] Suzuki e Kato (Japão, 1993)	12-	cubos de alumínio com circuitos eletrônicos	sequência	não
<i>Tangible Programming Bricks</i> [21] McNerney (EE.UU, 1999)	-	peças <i>Lego</i> com microprocessadores incorporados	sequência, repetições, parâmetros, instrução condicional	não
<i>Electronic Blocks</i> [37] Wyeth and Wyeth (Australia, 2001)	3-8	blocos <i>Lego</i> com circuitos eletrônicos	sequência	sim
<i>Tern</i> [12] Horn (EE.UU, 2006)	9-14	blocos de madeira tipo quebra-cabeças com códigos de visão computacional	sequência, sub-rotinas, parâmetros, estrutura condicional	sim
<i>T-Maze</i> [33] Wang, Wang and Liu (China, 2011)	5-9	blocos de madeira com códigos de visão computacional	sequência, <i>trigger</i>	sim
<i>E-Block</i> [35] Wang, Zang, <i>et al.</i> (China, 2012)	5-9	blocos com microcomputador SCM incorporado	sequência	sim

Tabela 3.1: Características dos trabalhos relacionados

Pensando nas desvantagens encontradas em termos de custo, flexibilidade e facilidade de uso dos trabalhos relacionados, e com base nas contribuições anteriores, desenvolvemos o ambiente de programação tangível TaPrEC com a ideia de usar tecnologia acessível a populações socioeconomicamente menos favorecidas sem fazer um enorme investimento. Com esse propósito, escolhemos utilizar um *Raspberry Pi* (computador de placa única de baixo custo) como hardware principal do ambiente TaPrEC, a tecnologia RFID para construir facilmente os objetos tangíveis, e a linguagem de programação *Scratch* para facilitar a customização do ambiente.

Capítulo 4

Design e desenvolvimento do TaPrEC

No Capítulo 3 apresentamos uma visão geral de alguns ambientes de programação tangíveis que substituem a tradicional linguagem de programação baseada em texto por uma linguagem que utiliza objetos do mundo real para representar elementos de programação, abstração de dados e estruturas de controle. Os usuários manipulam e conectam esses objetos físicos para construir programas de computador. Esses ambientes exploram as propriedades físicas dos objetos como, por exemplo, o tamanho, a forma e as cores. As palavras são substituídas por símbolos gráficos e os programas são expressos como uma coleção de objetos conectados entre si. Os resultados da execução dos programas tangíveis são exibidos num monitor (*AlgoBlock*, *T-Maze*, *E-Block*) ou observados nos movimentos de objetos externos como robôs (*Tern*), peças *Lego* (*Electronic Blocks*) ou brinquedos (*Tangible Programming Bricks*). A partir dessas contribuições, neste trabalho propomos o ambiente de programação tangível para crianças TaPrEC (*Tangible Programming Environment for Children*). Neste capítulo detalhamos o design e desenvolvimento do nosso ambiente.

A visão do ambiente TaPrEC é tornar-se uma ferramenta que permita promover o desenvolvimento do pensamento computacional em estudantes de ensino fundamental por meio da aprendizagem de programação baseado nas Interfaces Tangíveis. Entre os requisitos chave do ambiente estão: i) os usuários devem poder construir programas físicos de computador utilizando objetos tangíveis aplicando conceitos básicos de programação como Sequência, Repetição e Procedimentos; ii) o ambiente deve utilizar hardware de baixo custo de modo que seja uma alternativa econômica para o ensino de programação nas escolas; iii) o ambiente deve possuir objetos tangíveis que utilizem uma tecnologia simples que permita uma fácil manutenção e customização; iv) o software utilizado para o controle de dados e a criação de cenários de aprendizagem deve ser o mais simples possível de modo que facilite a configuração e criação de novos cenários de aprendizagem.

Com base nos *feedbacks* das crianças e professores obtidos nas Oficinas Experimentais (vide Capítulo 5), fizemos diferentes mudanças em nosso protótipo inicial para torná-lo o mais eficaz possível para a sua finalidade. Algumas mudanças que ocorreram no tempo da pesquisa foram: i) modificamos alguns símbolos dos Blocos de Programação para uma melhor compreensão da funcionalidade que representam; ii) mudamos a cor dos Blocos de Programação.

4.1 Componentes do ambiente TaPrEC

O ambiente de programação tangível TaPrEC está composto por três componentes: Hardware de baixo custo, Blocos de Programação e um Software de Controle conforme ilustra a Figura 4.1 .

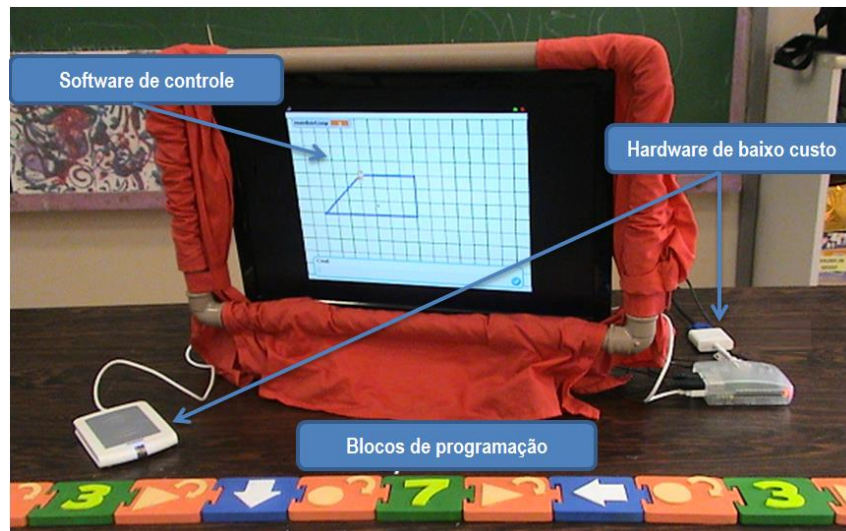
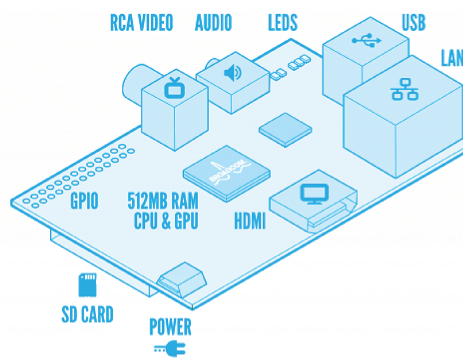


Figura 4.1: Componentes do ambiente TaPrEC

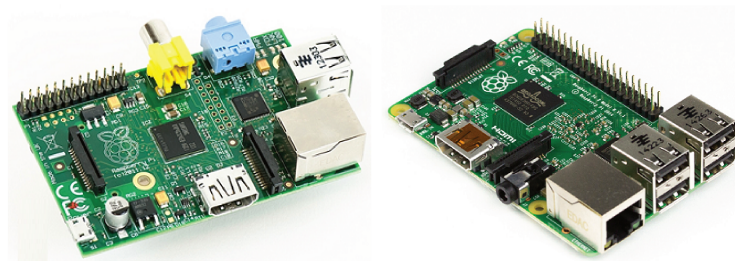
4.1.1 Hardware de baixo custo

Uma das motivações principais de nosso projeto é utilizar tecnologia acessível a populações socioeconomicamente menos favorecidas sem fazer um enorme investimento, mantendo ao mesmo tempo a qualidade da interação. Com esse propósito, escolhemos como hardware principal o *Raspberry Pi* [25], um computador de placa única do tamanho de um cartão de crédito. Desenvolvido no Reino Unido, o *Raspberry Pi* possui todas as funcionalidades básicas de qualquer computador *desktop*, como navegar na Internet, reproduzir vídeos de alta definição, fazer planilhas, processamento de texto e jogos. O dispositivo é compatível com sistemas operacionais baseados em *Linux* como *Raspbian (Debian)*, *Arch Linux Arm (Arch Linux)* ou *RISC OS (Acorn)*. Utiliza um cartão SD¹ para armazenamento permanente, precisa de uma fonte de alimentação externa, pode ser conectado a um aparelho de televisão ou a um monitor de computador, aceita conexão de *mouse* e teclado por meio de entradas USB e possui uma entrada *Ethernet*. O principal objetivo do dispositivo é promover o ensino básico da Ciência da Computação nas escolas. Atualmente está sendo utilizado por estudantes do mundo inteiro para aprender como funcionam os computadores, como manipular o mundo eletrônico ao redor deles, e como programar. Na Figura 4.2 observamos a arquitetura e as conexões que aceita o *Raspberry Pi*.

¹Cartões *Secure Digital* (sigla SD) são pequenos cartões de memória não voláteis desenvolvidos pela *SD Association* que são usados principalmente em dispositivos eletrônicos portáteis como celulares, câmeras e GPS, para fornecer ou aumentar o armazenamento desses dispositivos.

Figura 4.2: Arquitetura do *Raspberry Pi*[25]

Para verificar a viabilidade técnica do ambiente TaPrEC testamos dois modelos de *Raspberry Pi*. No protótipo inicial utilizamos o *Raspberry Pi 1 Modelo B* (Figura 4.3(a)) e para a segunda versão de TaPrEC utilizamos o modelo de segunda geração, *Raspberry Pi 2 Modelo B* (Figura 4.3(b)) .

(a) *Raspberry Pi 1 Modelo B*; (b) *Raspberry Pi 2 Modelo B*Figura 4.3: Modelos de *Raspberry Pi* [25]

Detalhamos as diferenças técnicas entre ambos os modelos na Tabela 4.1.

Características	<i>Raspberry Pi 1 Modelo B</i>	<i>Raspberry Pi 2 Modelo B</i>
SoC ²	Broadcom BCM2835	Broadcom BCM2836
CPU	ARM 1176JZF-S a 700 MHz	900 MHz quad-core ARM Cortex A7
RAM	512 MB	1 GB
Portas USB 2.0	2	4
Armazenamento	SD	micro SD
Consumo de energia	700 mA, (3.5 W)	800 mA, (4.0 W)

Tabela 4.1: Principais diferenças técnicas entre os modelos de *Raspberry Pi*

²Sistema-em-um-Chip (SoC - *System-on-a-chip*) é um método de colocação de todos os componentes eletrônicos necessários para a execução de um computador em um único chip. Em vez de ter um chip individual para o CPU, GPU, controlador USB, memória RAM e assim por diante, tudo é comprimido em um pacote arrumado.

A outra tecnologia utilizada no TaPrEC é a Identificação por Radiofrequência (RFID - *Radio-Frequency IDentification*). RFID é uma tecnologia de identificação automática que pode ser utilizada para fornecer um identificador único a objetos físicos. A comunicação em um sistema RFID ocorre através de sinais de rádio, onde a informação é enviada por meio de uma antena de uma etiqueta para um leitor ou vice-versa. Um típico sistema RFID (Figura 4.4) é composto principalmente por um leitor RFID, etiquetas RFID, e um sistema de processamento de dados (RFID *middleware*).

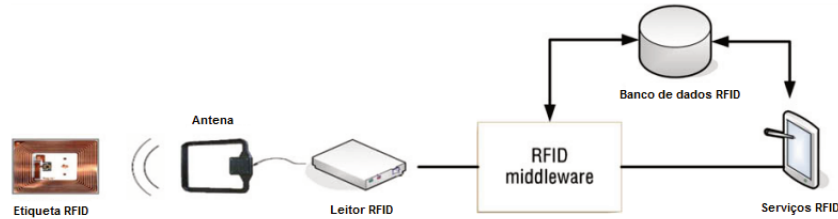
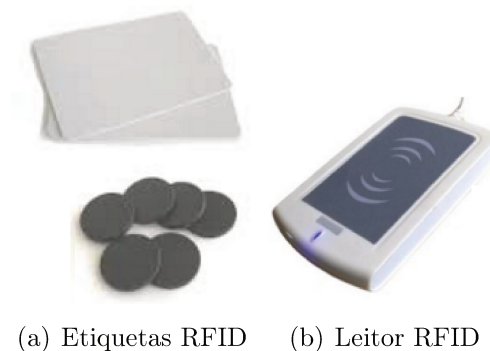


Figura 4.4: Típico sistema RFID [16]

Uma etiqueta RFID (Figura 4.5(a)) é um pequeno dispositivo eletrônico de comunicação que contém dados de identificação e que pode ser incorporada em qualquer tipo de objeto. Um único identificador é armazenado na etiqueta RFID, que pode consistir de números de série, códigos de segurança, códigos de produtos e outros dados. A etiqueta está constituída por uma antena e um chip. O proposito da antena é permitir ao chip transmitir a informação de identificação da etiqueta. O modo de funcionamento dos sistemas RFID é simples: a etiqueta RFID gera um sinal de radiofrequência; quando o leitor RFID (Figura 4.5(b)) capta o sinal, extrai e envia a informação de identificação para um sistema de processamento de dados.



(a) Etiquetas RFID (b) Leitor RFID

Figura 4.5: Dispositivos RFID

Na Figura 4.6 mostramos como montamos o hardware do ambiente TaPrEC. Conectamos ao *Raspberry Pi* uma fonte de alimentação, um cartão SD, uma caixa de som, um leitor RFID por meio da entrada USB e um monitor por meio de um adaptador HDMI/VGA.

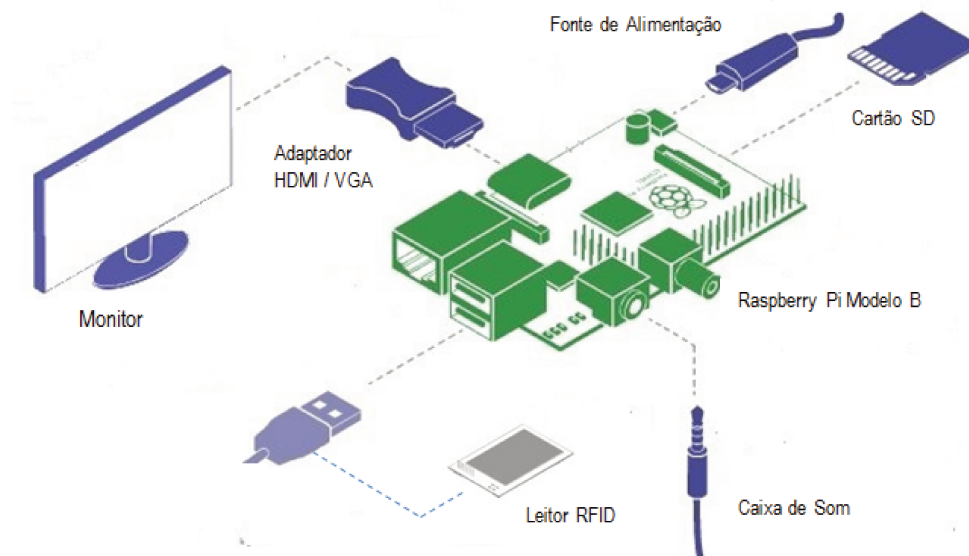
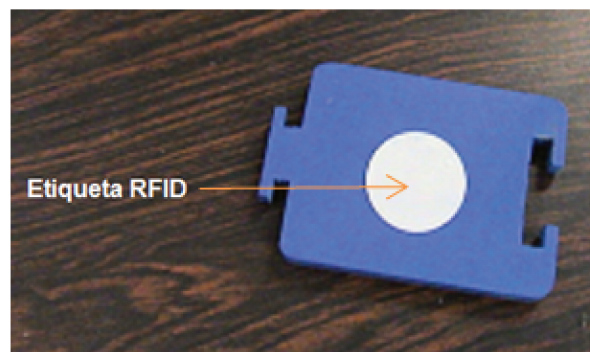


Figura 4.6: Hardware de baixo custo do ambiente TaPrEC

4.1.2 Blocos de Programação

Os Blocos de Programação são blocos coloridos de madeira semelhantes a peças de quebra-cabeças que contém em um dos lados uma etiqueta RFID para que sejam identificados dentro do ambiente TaPrEC (Figura 4.7(a)) e no outro lado um símbolo em alto-relevo para representar sua funcionalidade (Figura 4.7(b)).



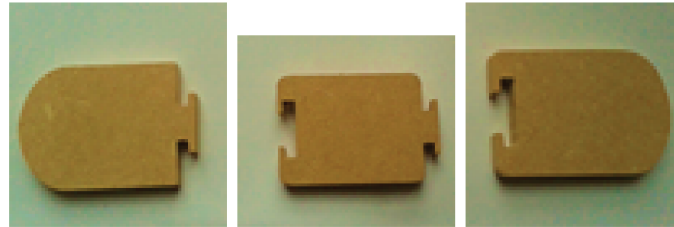
(a) Bloco com a etiqueta RFID incorporada



(b) Símbolos em alto-relevo

Figura 4.7: Blocos de Programação do ambiente TaPrEC

Dentro do conjunto de Blocos de Programação podemos distinguir três formas de blocos: bloco de início (Figura 4.8(a)), blocos de ações (Figura 4.8(b)) e bloco de fim (Figura 4.8(c)).



(a) bloco de início (b) bloco de ações (c) bloco de fim

Figura 4.8: Formas dos blocos de programação

Os Blocos de Programação do TaPrEC estão inspirados em *ScratchJr* [28], uma linguagem de programação introdutória que permite às crianças (entre 5 e 7 anos) criar suas próprias histórias e jogos interativos utilizando um conjunto de blocos virtuais que podem ser conectados entre si como peças de quebra-cabeças (Figura 4.9). *ScratchJr* foi idealizado para promover o desenvolvimento de habilidades como a resolução de problemas e a criatividade em crianças. O software está disponível de forma gratuita para tablets *iOS* e *Android* no site <https://www.scratchjr.org>.



Figura 4.9: Ambiente *ScratchJr*

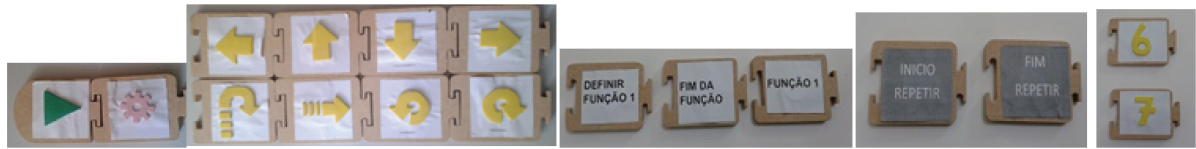


Figura 4.11: Conjunto inicial dos Blocos de Programação do TaPrEC

Durante o Estudo de Caso (detalhado no Capítulo 5) recebemos sugestões dos professores e alunos que nos ajudaram aprimorar nosso conjunto inicial de Blocos de Programação. O bloco de fim (Figura 4.12(a)) foi o primeiro bloco que modificamos devido a que as crianças confundiam a funcionalidade do bloco. As crianças achavam que se tratava de um bloco para realizar configurações. Substituímos o símbolo por uma bola vermelha (Figura 4.12(b)).



(a) bloco de fim inicial



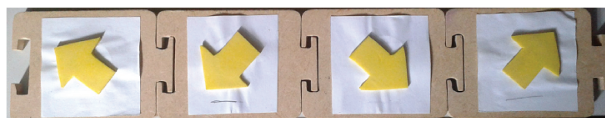
(b) bloco de fim modificado

Figura 4.12: Modificação do bloco de fim

Também criamos o conceito de deslocamento diagonal porque, segundo os professores, ter a tela como referência do movimento e não ao personagem, evitava o trabalho com ângulos, permitindo focar no processo de construção do "programa". Originalmente para movimentar o personagem em diagonal se precisava trabalhar com dois blocos (Figura 4.13(a)): o bloco de rotação que girava ao personagem em 45 graus para estabelecer uma nova direção de deslocamento; e o bloco de deslocamento que permitia ao personagem deslocar-se na direção antes estabelecida. Para facilitar o deslocamento diagonal criamos quatro blocos (Figura 4.13(b)) que moviam o personagem em diagonal com ângulos fixos, tendo como referencial a tela.



(a) blocos de rotação e deslocamento diagonal inicial



(b) blocos de deslocamento diagonal modificados

Figura 4.13: Modificação dos blocos de deslocamento diagonal

As cores dos Blocos de Programação também foram evoluindo conforme avançou o Estudo de Caso, assim como a representação simbólica dos blocos de Repetições e Procedimentos. Na Tabela 4.3 apresentamos o conjunto final de Blocos de Programação do TaPreC agrupados de acordo a sua funcionalidade.



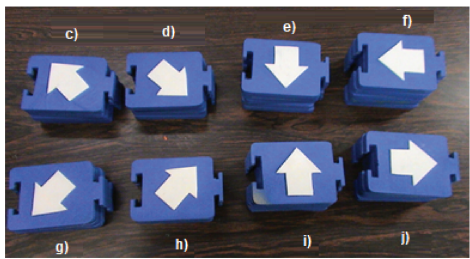



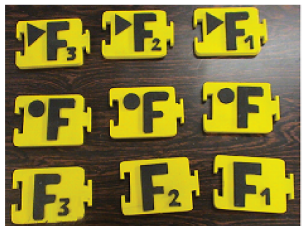
Funcionalidade	Blocos de Programação do TaPrEC
Controle	 <p>a) bloco de início: inicia o programa tangível</p>  <p>b) bloco de fim: finaliza o programa tangível</p>
Deslocamento	 <p>c) diagonal para cima-esquerda d) diagonal para baixo-direita e) para baixo f) para trás g) diagonal para baixo-esquerda h) diagonal para cima-direita i) para cima j) para frente</p>
Repetições	 <p>k) início da repetição: inicia a sequência de blocos que serão repetidos</p>  <p>l) fim da repetição: finaliza a sequência de blocos que serão repetidos</p>
Números	 <p>m) blocos de números: indicam o número de vezes que uma sequência de blocos serão repetidos</p>
Procedimentos	 <p>n) início do procedimento: inicializa os procedimentos F1, F2, F3</p> <p>o) fim do procedimento: finaliza qualquer procedimento</p> <p>p) nome do procedimento: invoca os procedimentos F1, F2, F3</p>

Tabela 4.3: Conjunto final de Blocos de Programação do TaPrEC

Cada grupo de blocos tem uma cor característica: cinza para os blocos de Controle, azul para os blocos de Deslocamento, laranja para os blocos de Repetições, verde para os blocos de Números e amarelo para os blocos de Procedimentos. Essas cores estão inspiradas na linguagem *Scratch*.

4.1.3 Software de Controle

Desenvolvido na linguagem de programação *Scratch 1.4*, o Software de Controle armazena os identificadores das etiquetas RFID que estão incorporados nos Blocos de Programação. Os identificadores associados a uma mesma ação estão agrupados em uma única lista de identificadores. Quando o Software de Controle recebe uma sequência de identificadores RFID se encarrega de: i) verificar se o identificador existe em alguma das listas de ações; ii) executar o código *Scratch* associado a cada ação e; iii) mostrar os resultados.

Scratch é um ambiente de programação que compreende símbolos gráficos chamados 'blocos' (Figura 4.14). Utiliza avanços em design de interface para tornar a programação mais atraente e acessível a qualquer pessoa que aceita o desafio de aprender a programar pela primeira vez. *Scratch* é utilizada no mundo inteiro em diferentes contextos como escolas, museus, centros comunitários, casas, entre outros. Destina-se especialmente a crianças de 6-16 anos de idade, mas é usado por pessoas de todas as idades.

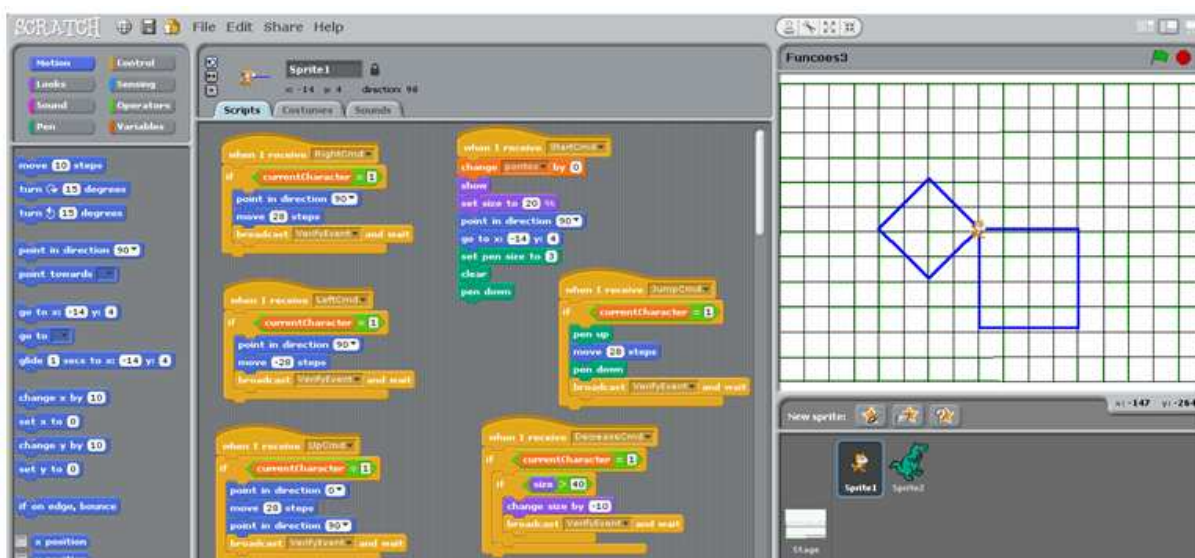


Figura 4.14: Ambiente de programação *Scratch 1.4*

A escolha de *Scratch* como linguagem de programação para desenvolver o Software de Controle responde à necessidade de criar um software que facilite ao professor a customização do ambiente TaPrEC, de forma independente de um desenvolvedor do sistema.

4.2 Conceitos básicos de programação

Os programas escritos por crianças são tipicamente mais simples; no entanto, podem produzir comportamentos muito interessantes. Programas desse tipo são de interesse para esta pesquisa.

Acreditamos que programas simples podem capacitar a crianças e adultos em conceitos básicos de programação e fomentar o desenvolvimento do pensamento computacional. Alguns desses conceitos são: abstração de comandos, sequência de comandos, iteração de comandos, procedimentos e a estrutura de um programa. Esses conceitos são essenciais

para entender a abstração de uma ação e de conjuntos de ações num algoritmo. Quando um comando é executado, invoca ações bem definidas no cenário de aprendizagem. Os conceitos de Sequência, Repetição e Procedimento definem a ordem em que os comandos são executados no ambiente TaPrEC.

Conceitos algorítmicos também importantes como recursão, parâmetros, variáveis, tipos de dados são omitidos intencionalmente no ambiente proposto porque demandam habilidades de pensamento abstrato mais profundo.

4.3 O ambiente proposto

Nesta pesquisa propomos um cenário de aprendizagem com objetos tangíveis adequado para aprender conceitos básicos de programação. TaPrEC tem um número limitado de comandos básicos e para criar um programa tangível é necessário organizar os Blocos de Programação numa sequência específica: primeiro o bloco de início, depois os blocos de ações e finalmente o bloco de fim (Figura 4.15). Os blocos de Controle indicam o início e o fim do programa tangível. Os identificadores dos Blocos de Programação são enviados para o Software de Controle por meio do leitor RFID.

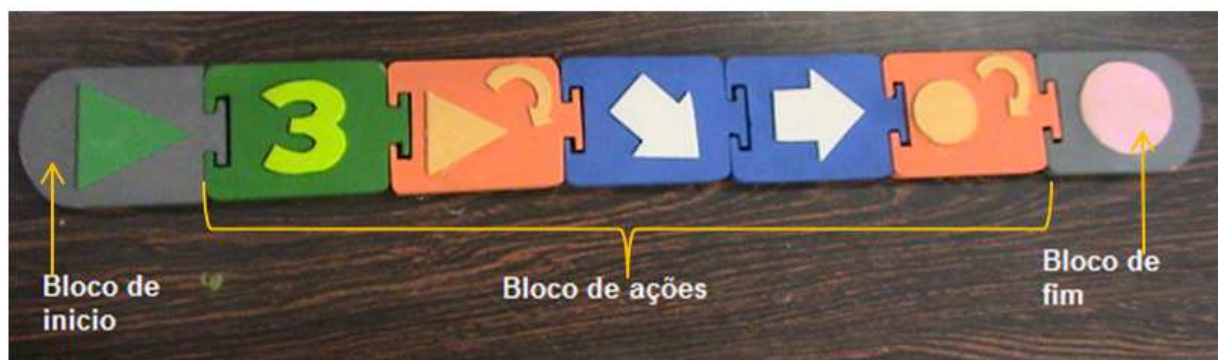


Figura 4.15: Programa tangível no ambiente TaPrEC

Na Figura 4.16 apresentamos a arquitetura do ambiente TaPrEC. Quando o usuário passa o leitor sobre o bloco de início, o Software de Controle verifica se o identificador existe na lista de códigos RFID (registrados previamente). Se o identificador do bloco de início existe, o software habilita uma fila de processamento. Quando o usuário passa o leitor pelos blocos de ações, o Software de Controle verifica se os identificadores existem na lista de códigos RFID e se existem são guardados na fila de processamento. Finalmente quando o usuário passa o leitor pelo bloco de fim, o software executa o código *Scratch* associado a cada identificador RFID dos blocos de ações e os resultados são mostrados no palco de *Scratch*.

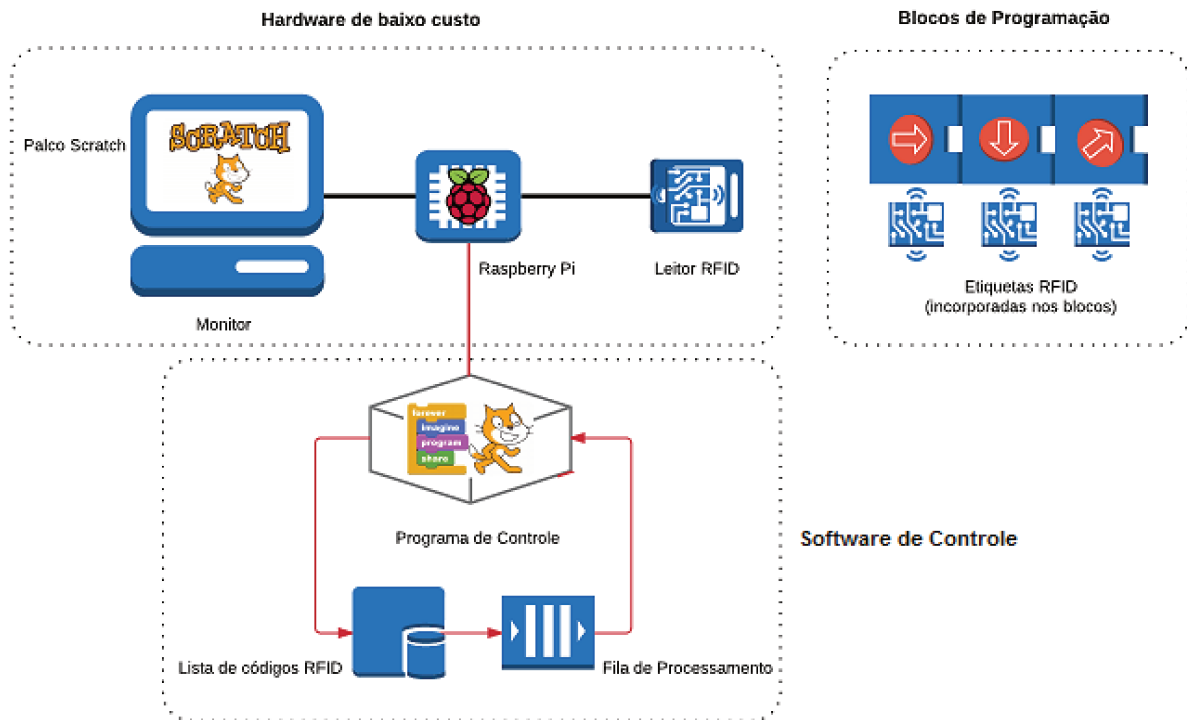


Figura 4.16: Arquitetura do ambiente de programação tangível TaPrEC

4.3.1 Exemplos de programas tangíveis no ambiente TaPrEC

Para ilustrar a sintaxe dos conceitos de Sequências, Repetições e Procedimentos no ambiente TaPrEC utilizaremos um cenário simples: controlar os movimentos de um personagem que quando se movimenta seu caminho é marcado.

O primeiro exemplo que apresentamos é criar um programa tangível para desenhar o caminho azul que marcou o personagem na Figura 4.17. Uma possível solução seria utilizar os seguintes Blocos de Programação: o bloco de início, dois blocos “para frente”, um bloco “para acima” e o bloco de fim. A execução desse programa exemplifica o conceito de Sequências de comandos, básico para entender um algoritmo.

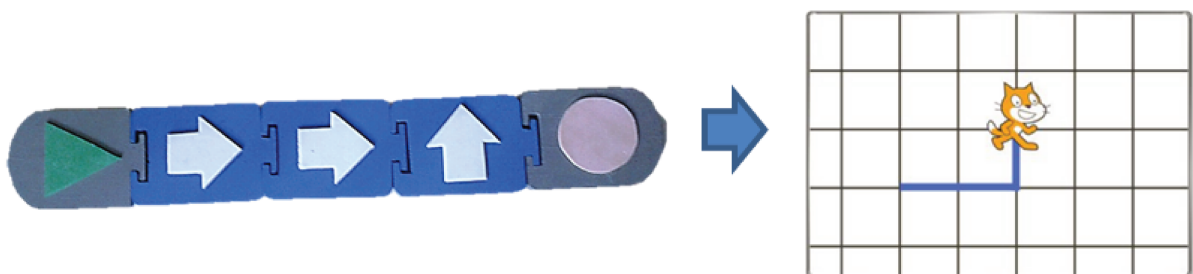


Figura 4.17: Programa tangível para exemplificar a sintaxe de Sequências

O programa tangível da Figura 4.18 utiliza os blocos de Repetições para que o personagem desenhe a escada. Para indicar que um conjunto de blocos de ações será repetido, esses blocos devem estar entre os blocos “início da repetição” e “fim da repetição”, e para

indicar o número de vezes que será repetido colocamos um bloco de número na frente do bloco “início da repetição”. O exemplo indica que o personagem repetirá três vezes a seguinte sequência de blocos de ações: dois blocos “para frente” e um bloco “para acima”.



Figura 4.18: Programa tangível que exemplificar a sintaxe de Repetições

Um Procedimento (ou sub-rotina) no ambiente TaPrEC é um conjunto de blocos de ações identificado com um nome. Quando precisarmos executar esse conjunto basta utilizar apenas o nome. Para montar a estrutura do Procedimento, primeiro precisamos definir os blocos de ações que pertencem ao Procedimento mediante os blocos “início do procedimento” e “fim do procedimento”. Os blocos encaixados entre esses dois blocos serão parte do Procedimento. O ambiente permite definir três Procedimentos identificados com os seguintes nomes: “F1”, “F2” e “F3”. Para cada Procedimento existe um bloco “início do procedimento” específico (ver Tabela 4.3) e para finalizar o Procedimento pode ser usado qualquer bloco "fim do procedimento". Uma vez definido, utilizamos o bloco “nome do procedimento” correspondente para invocar ao Procedimento. A Figura 4.19 ilustra um programa tangível que utiliza os blocos de Procedimentos e o resultado da execução desse programa. O Procedimento F1 se encarrega de desenhar um triângulo utilizando blocos de deslocamento, depois invocamos o Procedimento dentro de uma estrutura repetitiva.

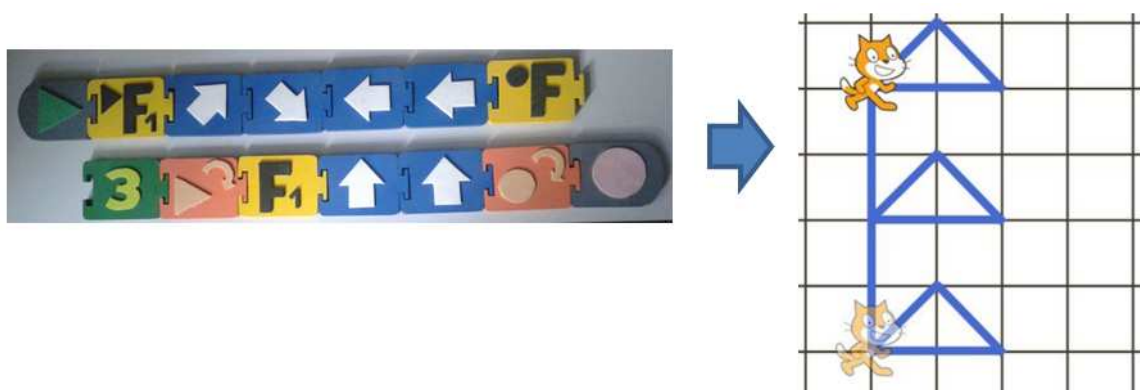


Figura 4.19: Programa tangível para exemplificar a sintaxe de Procedimento

4.3.2 Custo do ambiente TaPrEC

Compramos o hardware do ambiente TaPrEC nas lojas virtuais *Ellimax*³ e *Farnellnewark*⁴, e a loja física (*Kalunga*). Encomendamos a construção dos blocos de madeira a um artesão. Na Tabela 4.4 detalhamos o preço em reais brasileiros (R\$) dos dispositivos do TaPrEC e o preço total dos blocos de madeira. Esses preços correspondem ao mês de junho de 2015.

Loja	Quantidade	Dispositivo	Preço (R\$)
Ellimax	100	etiquetas RFID 13.56 MHZ	260,00
Ellimax	01	leitor RFID 13.56 MHz	160,00
Farnellnewark	01	conector HDMI/VGA para <i>Raspberry Pi</i>	110,00
Farnellnewark	01	cabo USB para micro USB	47,39
Farnellnewark	01	fonte de alimentação 5V 2.1A	37,67
Farnellnewark	01	<i>Raspberry Pi</i> 2 Modelo B	255,64
Kalunga	01	cartão de memória micro SD 16GB	49,90
Ateliebrincardeque	100	blocos de madeira	170,00
		Total	R\$ 1090,60

Tabela 4.4: Custo de um kit do ambiente TaPrEC

Note-se que um kit do ambiente TaPrEC pode beneficiar uma turma completa de crianças. Se pensamos em projetos que precisam investimento por cada aluno (por exemplo o projeto OLPC – *One Laptop per Child*), o ambiente TaPrEC resulta sendo uma alternativa econômica.

4.3.3 TaPrEC em relação a outros ambientes

Nosso objetivo foi compor um ambiente que ajude as crianças a trabalhar o pensamento computacional por meio da construção de programas de computador utilizando objetos tangíveis semelhantes a peças de quebra-cabeças. Na Tabela 4.5 mostramos as semelhanças e diferenças do ambiente TaPrEC em relação aos ambientes descritos no Capítulo 3.

³<http://www.ellimax.com.br>

⁴<http://www.farnellnewark.com.br>

Projeto	Tecnologia incorporada nos objetos tangíveis	Conceitos de programação	Facilidade de construção do objeto tangível	Envolvimento das partes interessadas no design
<i>AlgoBlock</i> [31]	circuitos eletrônicos	sequência	não	não
<i>Tangible Programming Bricks</i> [21]	microprocessadores	sequência, repetições, parâmetros, instrução condicional	não	não
<i>Electronic Blocks</i> [37]	circuitos eletrônicos	sequência	não	não
<i>Tern</i> [11]	visão computacional	sequência, repetições, sub-rotinas, parâmetros, estrutura condicional	sim	não
<i>T-Maze</i> [33]	visão computacional	sequências, <i>trigger</i>	sim	não
<i>E-Block</i> [35]	microcomputador	sequência	não	não
TaPrEC	RFID	sequência, repetições, procedimento (sub-rotina)	sim	sim

Tabela 4.5: Semelhanças e diferenças do ambiente TaPrEC com outros ambientes

Com relação à tecnologia incorporada nos objetos tangíveis, o ambiente TaPrEC é o único projeto que utiliza a tecnologia RFID. Os outros ambientes utilizam visão computacional (*Tern*, *T-Maze*), circuitos eletrônicos (*AlgoBlock*, *Electronic Blocks*) ou microprocessadores (*Tangible Programming Bricks*, *E-Block*). É bem conhecido que a tecnologia RFID tem muitos benefícios em relação a outras tecnologias de identificação, por possuir uma identificação quase simultânea, e a possibilidade de ser embutida em qualquer objeto sem destruir a integridade ou alterar a estética deste [9].

Uma das primeiras semelhanças que encontramos com os outros projetos de programação tangível são os conceitos de programação. O conceito de sequência é trabalhado por todos os ambientes apresentados. A repetição é um conceito que encontramos nos ambientes *Tangible Programming Bricks* e *Tern*. As sub-rotinas (ou procedimentos no caso do TaPrEC) é trabalhado no projeto *Tern*. Outros conceitos como a instrução condicional e o uso de parâmetros não foram projetados no ambiente TaPrEC; encontramos esses conceitos nos projetos *Tangible Programming Bricks* e *Tern*. Por outro lado o projeto *T-Maze* é o único que trabalha o conceito de *trigger*.

Por ser a tecnologia RFID simples e fácil de manipular, a construção de novos objetos

tangíveis no ambiente TaPrEC resulta simples. Apenas é preciso colar uma etiqueta RFID em qualquer objeto e registrar (ingressar por meio do leitor RFID) seu identificador na lista de identificadores RFID do Software de Controle para transformar esse objeto em uma Interface Tangível. Essa característica é, em parte, compartilhada com os projetos *Tern* e *T-Maze*. Lembremos que esses projetos utilizam códigos *TopCode* de visão computacional para identificar seus objetos tangíveis. No caso desses projetos também basta colar um código *TopCode* em qualquer objeto para convertê-lo em um objeto tangível. No entanto, a principal dificuldade é mexer com o código *Java* do software utilizado para reconhecer e interpretar o código *TopCode*, o que certamente o distancia do perfil da maioria dos professores.

Finalmente, uma característica única do ambiente TaPrEC é o envolvimento das partes interessadas (alunos, professores, pesquisadores) no processo de design. No Estudo de Caso recebemos *feedback* dos principais envolvidos no projeto para conseguir construir um ferramenta que faça sentido para elas, adequada a suas necessidades e a seu contexto.

Uma de nossas motivações é que nosso ambiente de programação tangível sirva como uma ferramenta introdutória ao mundo da programação de computadores. Em particular, que permita ao usuário uma transição suave para a linguagem de programação *Scratch*.

Capítulo 5

Estudo de Caso

Este capítulo detalha os principais aspectos do Estudo de Caso realizado para avaliar o ambiente TaPrEC num contexto formal de ensino.

5.1 Cenário do Estudo

A avaliação do ambiente TaPrEC teve lugar no Programa de Integração e Desenvolvimento da Criança e do Adolescente (PRODECAD) que oferece educação complementar a crianças de 6 a 14 anos, matriculadas na EEPG "Sérgio Pereira Porto", em horário de contraturno ao ensino regular. O PRODECAD iniciou suas atividades em 1987 com a implantação do subprograma de apoio à escolaridade, hoje conhecido como educação complementar. No início de 1990 começou a funcionar no prédio onde hoje está localizado, na Rua Carlos Chagas nº 351, dentro do campus da Universidade Estadual de Campinas (UNICAMP), São Paulo. No espaço físico do PRODECAD, as atividades foram realizadas no espaço “ateliê” e foram agendadas formalmente pela coordenação no conjunto de atividades semanais das professoras e alunos envolvidos.

5.2 Participantes

Professores e alunos do PRODECAD participaram da avaliação do ambiente ao longo de 2015. No primeiro semestre trabalhamos com crianças e professores da turma da manhã e no segundo semestre, com professores e crianças da turma da tarde. O grupo de crianças era diverso em termos de diferentes anos escolares e já estavam alfabetizadas. As Figuras 5.1 e 5.2 ilustram o espaço de atividades e os participantes do Estudo de Caso.



(a) professoras da turma de manhã 1s2015

(b) professoras da turma da tarde 2s2015

Figura 5.1: Professores do PRODECAD



(a) alunos da turma da manhã 1s2015

(b) alunos da turma da tarde 2s2015

Figura 5.2: Alunos do PRODECAD

No total participaram dezesseis professores entre 31 e 54 anos, e trinta e oito crianças na faixa etária de 7 e 10 anos, conforme mostrado na Tabela 5.1.

Participantes	Turma da manhã 1s2015	Turma da tarde 2s2015	Total
Professores	8	8	16
Alunos	20	18	38

Tabela 5.1: Total de participantes do Estudo de Caso

5.3 Métodos

Em 2015 realizamos vinte e uma (21) oficinas com a participação de professores e crianças do PRODECAD. Filmamos todas as oficinas com a permissão da instituição, professores e adultos responsáveis de cada criança participante do projeto. Utilizamos esses vídeos para aprimorar o ambiente analisando os comentários e sugestões dos participantes durante as oficinas. O projeto como um todo teve a aprovação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP) da Unicamp, com número do CAAE 32213314.8.0000.5404.

Em duas oficinas com os professores trabalhamos com os **artefatos do Modelo Semio-participativo de Design** com o objetivo de articular soluções para os problemas antecipados, encontrados durante a utilização do ambiente TaPreC no cotidiano das principais partes interessadas. Os três artefatos que utilizamos foram: o Diagrama de partes

interessadas, o Quadro de Avaliação e a Escada Semiótica. Outro método que utilizamos foi a **Autoavaliação de Emoções** (SAM-*Self-Assessment Manikin*) [5] para obtenção de dados sobre a resposta afetiva dos participantes para as dimensões afetivas de Satisfação, Motivação, Controle.

5.4 Dinâmicas das oficinas

No primeiro semestre de 2015, a partir de maio, realizamos no ateliê do PRODECAD as primeiras oficinas para avaliação do projeto TaPrEC com participação de alunos, professores e pesquisadores. Durante seis semanas realizamos **treze** oficinas com uma duração entre 60 e 90 minutos cada. Foram seis oficinas com as crianças e sete oficinas com os professores. Nesse semestre trabalhamos com a turma da manhã. As oficinas foram marcadas nas segundas-feiras às 7h com as professoras e às 9h com as crianças.

No segundo semestre de 2015 trabalhamos com a turma da tarde. As oficinas começaram no mês de setembro e foram marcadas para as sextas-feiras a partir das 13:45h com as crianças e às 16h com as professoras. No total foram **oito** oficinas nesse semestre: quatro com professores e quatro com os alunos com uma duração de 60 minutos cada. Na Tabela 5.2 mostramos a quantidade total de oficinas realizadas em 2015.

Oficinas	Turma da manhã 1s2015	Turma da tarde 2s2015	Total
Professores	7	4	11
Alunos	6	4	10
Total	13	8	21

Tabela 5.2: Número total de oficinas

No conjunto de oficinas realizadas distinguem-se dois tipos de oficinas: Oficinas Experimentais e Oficinas Semio-participativas. Cada uma delas apresenta diferentes dinâmicas conforme descrito a seguir.

5.4.1 Dinâmica das Oficinas Experimentais

Nas Oficinas Experimentais trabalhamos com os professores e as crianças separadamente. Em cada oficina os participantes trabalharam em equipes para resolver exercícios simples de deslocamento de um personagem aplicando conceitos básicos de programação. Os pesquisadores participavam da oficina respondendo dúvidas e ajudando nos exercícios como ilustramos na Figura 5.3.



Figura 5.3: Alunos e Professores trabalhando em equipes

Na Figura 5.4 organizamos a dinâmica aplicada nas Oficinas Experimentais em três etapas: Introdução, Execução e Avaliação (Figura 5.4).

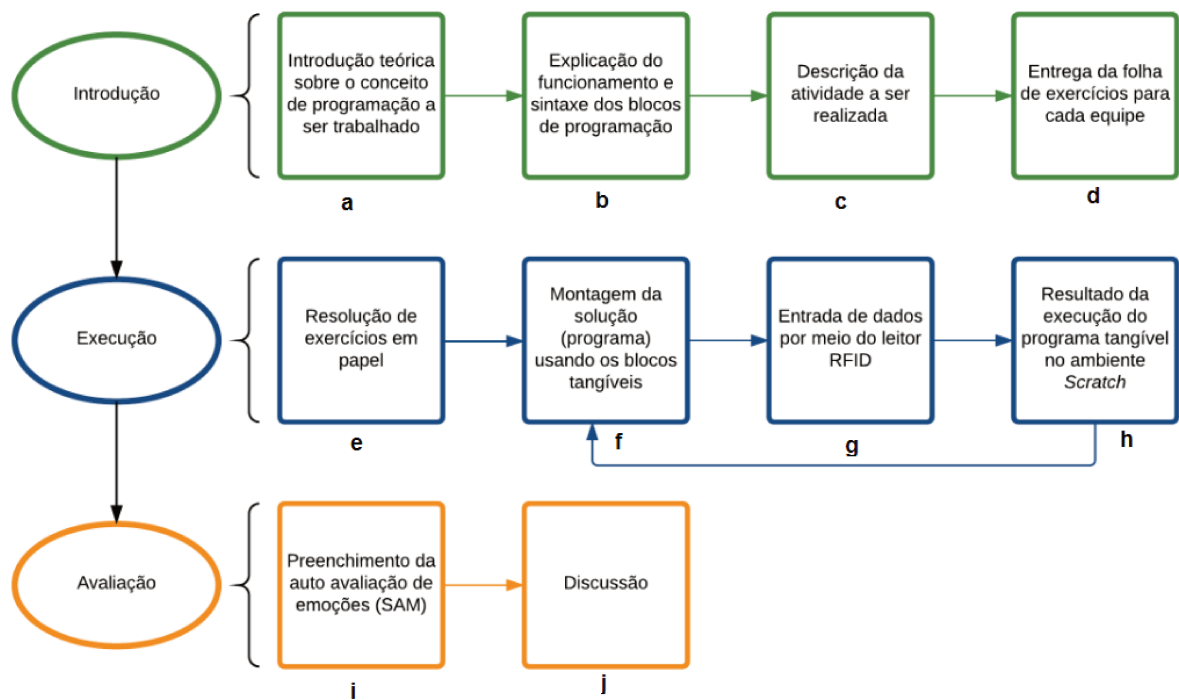


Figura 5.4: Dinâmica das Oficinas Experimentais.

Para iniciar as atividades da Oficina Experimental, a pesquisadora dava uma breve explicação teórica sobre o conceito de programação foco da oficina (Figura 5.4(a)), seguida da explicação sobre o funcionamento dos blocos tangíveis associados a esse conceito (Figura 5.4(b)). A pesquisadora dava as instruções sobre a atividade a ser desenvolvida (Figura 5.4(c)) e entregava os exercícios em papel para as equipes de trabalho (Figura 5.4(d)). Cada equipe tinha que resolver os exercícios planejando a solução tangível inicialmente em papel (Figura 5.4(e)), montando a solução utilizando os objetos tangíveis (Figura 5.4(f)) e, finalmente, ingressando o programa tangível no ambiente computacional por meio do leitor RFID (Figura 5.4(g)). O Software de Controle era o encarregado de compilar e executar o programa tangível para finalmente mostrar os resultados no palco do ambiente *Scratch*, em um monitor (Figura 5.4(h)). Ao finalizar a Oficina Experimental,

professores e crianças eram convidadas a preencher a Autoavaliação de Emoções (Figura 5.4(i)). Com os professores realizamos uma última etapa de discussão onde davam suas opiniões sobre as atividades realizadas e o funcionamento do ambiente (Figura 5.4(j)). Nas Figuras 5.6 e 5.5 ilustramos as três etapas da dinâmica das Oficinas Experimentais.



Figura 5.5: Crianças participando das Oficinas Experimentais

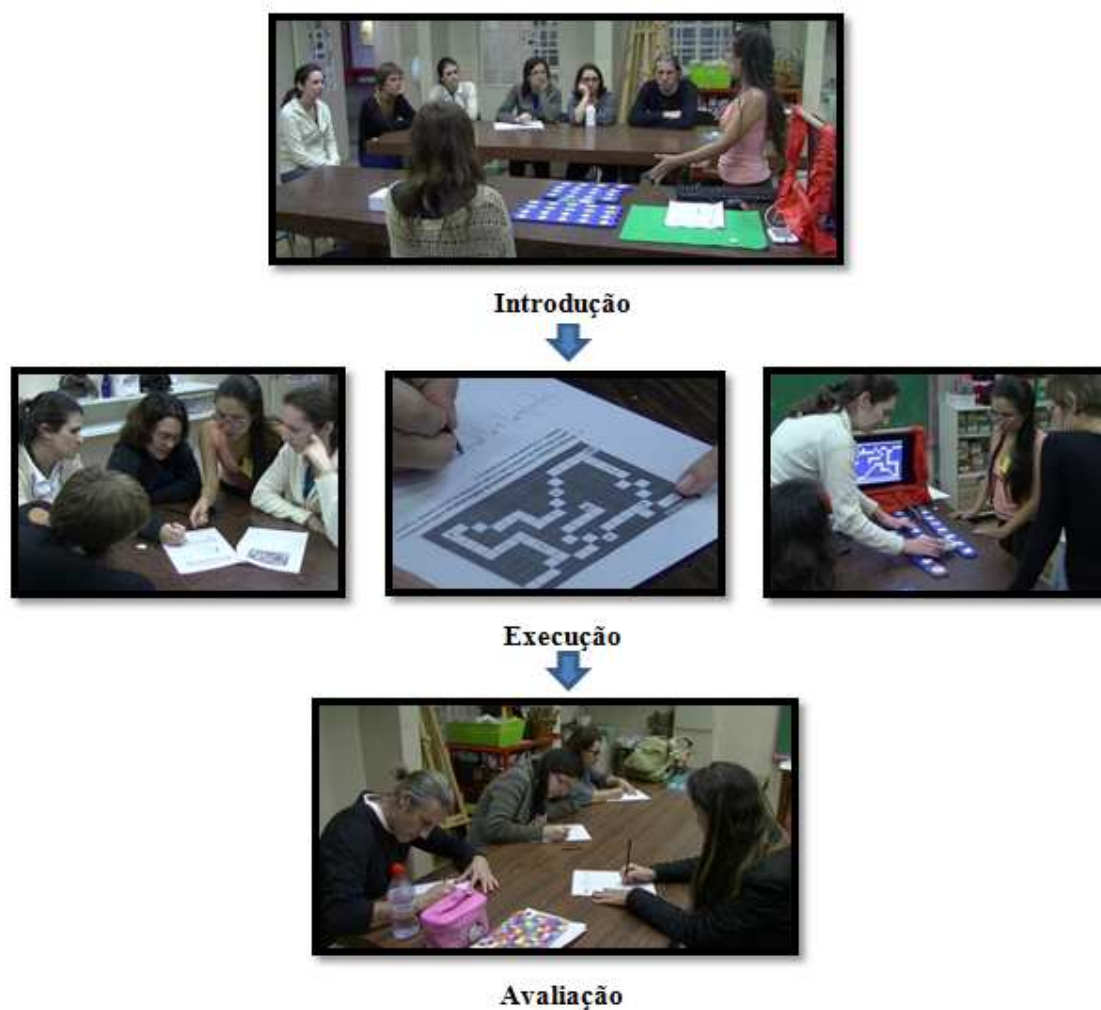


Figura 5.6: Professores participando das Oficinas Experimentais

5.4.2 Dinâmica das Oficinas Semio-participativas

Primeiramente apresentamos aos professores os objetivos da Oficina Semio-participativa e os artefatos do modelo Semio-participativo de Design para compartilhar a visão contextual do ambiente TaPrEC. Produzimos os artefatos na forma de pôsteres e foram pendurados na parede, ao acesso das mãos. Em seguida, com a coordenação da pesquisadora, o grupo passou ao uso de cada artefato. Neles foram colados os *post its* onde os professores registraram suas contribuições. A Figura 5.7 ilustra como os professores do PRODECAD preencheram o Diagrama de partes interessadas e o Quadro de Avaliação.



Figura 5.7: Professoras preenchendo o Diagrama de partes interessadas e o Quadro de Avaliação.

Utilizamos o Diagrama de partes interessadas para que os participantes identificassem os envolvidos direta ou indiretamente com o projeto. Os professores conversaram e identificaram as diferentes partes interessadas e passaram a localizá-las nas camadas do Diagrama. Com o Quadro de Avaliação, os participantes anteciparam problemas e questões de cada parte interessada a respeito do uso do ambiente TaPrEC, sua utilização como ferramenta de apoio nas diferentes atividades da escola e as possíveis soluções. Com a Escada Semiótica os participantes puderam entender as diferentes implicações do ambiente a partir do mundo físico até o mundo social. Alguns aspectos levantados durante o preenchimento dos artefatos foram: i) no Diagrama de partes interessadas os professores identificaram ao grupo de gestão escolar (formado pela diretora, coordenadora, entre outros funcionários) como um cliente/fornecedor da camada Fonte; ii) no Quadro de Avaliação uma das questões levantadas na camada de Operação foi sobre *“como seria a manutenção em caso de quebrar algum equipamento”*, e a possível solução/resposta foi criar um manual onde seja explicado como criar um objeto tangível no ambiente TaPrEC; iii) na Escada Semiótica os professores identificaram os equipamentos utilizados pelo ambiente TaPrEC e os localizaram na escada do Mundo Físico. Maiores detalhes sobre os resultados das Oficinas Semio-participativas serão apresentados na subseção 5.5.2.

5.5 Resultados

Os resultados estão agrupados em três subseções: resultados das Oficinas Experimentais, resultados das Oficinas Semio-participativas e resultados da Autoavaliação de Emoções.

5.5.1 Resultados das Oficinas Experimentais

Nas Oficinas Experimentais trabalhamos principalmente três estruturas algorítmicas: Sequências, Repetições e Procedimentos. Introduzimos os conceitos sequencialmente de modo que um conceito utilize o conceito anterior. O conceito de Sequência introduziu a ideia de ordem de ações, mais especificamente, a ordem de execução do código *Scratch* associado aos Blocos de Programação utilizados para construir o programa tangível. Para o conceito de Repetição criamos blocos que permitiam aos participantes repetir um conjunto de instruções um determinado número de vezes (2 – 9). Para os Procedimentos, criamos

blocos que permitiam: i) “definir” o procedimento, isto é, atribuir um nome (“F1”, “F2” ou “F3”) e indicar as ações que realiza; e ii) “invocar” o Procedimento utilizando seu nome.

Os participantes das Oficinas Experimentais realizaram uma variedade de tarefas com o propósito de trabalhar esses conceitos básicos de programação. Os exercícios de cada oficina tinham um nível de dificuldade diferente. Os participantes não precisaram ter conhecimentos prévios sobre programação para resolver os exercícios propostos. A seguir descreveremos alguns exercícios utilizados para ensinar os conceitos de Sequência, Repetição e Procedimento que os professores e os alunos resolveram, separadamente, durante as Oficinas Experimentais.

O labirinto

Utilizamos o labirinto da Figura 5.8 para trabalhar o conceito de Sequência. Os participantes tinham que resolver dois exercícios: i) encontrar o caminho com apenas números pares; e ii) escolher o caminho com a maior quantidade de pontos. Em ambos os casos, os participantes tinham que "montar" um programa tangível que permitisse ao personagem deslocar-se pelo caminho certo utilizando apenas blocos de Deslocamento.

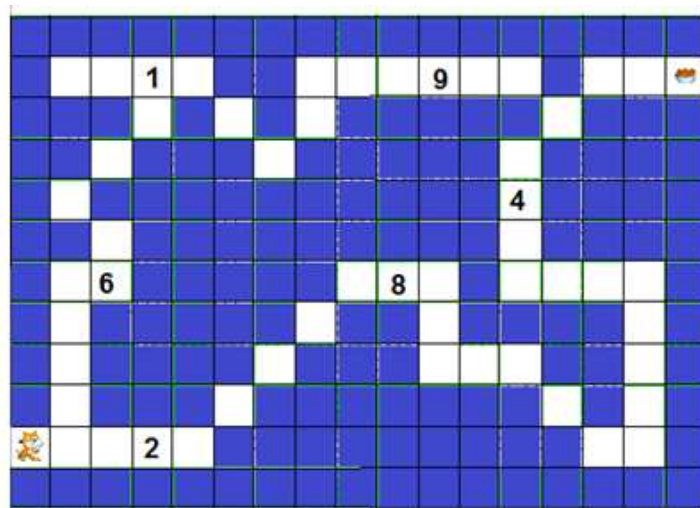
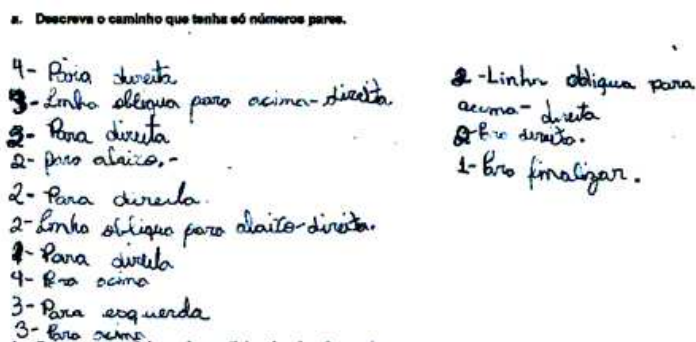


Figura 5.8: Labirinto utilizado na oficina de Sequências.

Na Figura 5.9 ilustramos algumas soluções desenvolvidas pelas crianças na fase de planejamento. Observamos que as duas soluções se diferenciam pela forma de representar os blocos de Deslocamento. Na primeira solução as crianças indicaram a quantidade de cada bloco e utilizaram os símbolos dos blocos necessários para resolver o exercício (Figura 5.9(a)). Na segunda solução descreveram textualmente o movimento que executa cada bloco e indicaram a quantidade de cada bloco de Deslocamento (Figura 5.9(b))



(a) solução com os símbolos dos blocos de Deslocamento



(b) solução com a descrição textual dos blocos de Deslocamento

Figura 5.9: Soluções das crianças na oficina de Sequências

Na Figura 5.10 apresentamos a solução de uma equipe de professores para o exercício do labirinto. Os professores utilizaram números e os símbolos dos blocos de Deslocamento para resolver o exercício proposto.

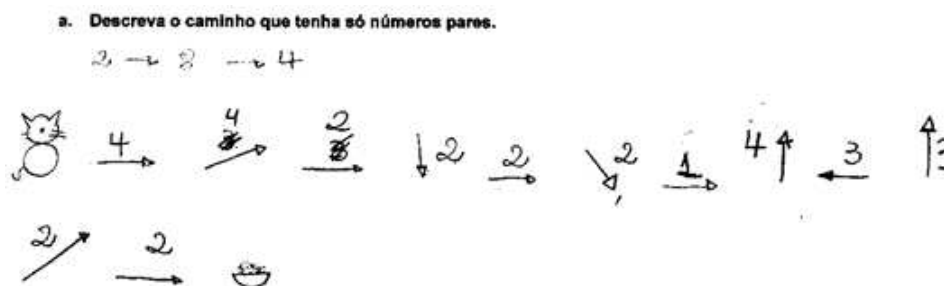


Figura 5.10: Solução de uma equipe de professores na oficina de Sequências

Escadas

Para trabalhar o conceito de Repetições pedimos aos participantes desenhar a escada da Figura 5.11 utilizando os blocos de Deslocamento e os blocos de Repetições.

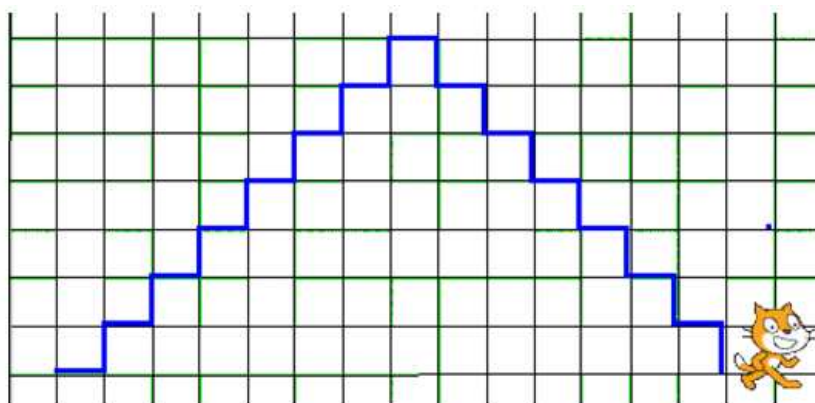


Figura 5.11: Escada utilizada na oficina de Repetições

Como estratégia de solução dividimos a escada em duas partes na folha de exercícios e pedimos aos participantes identificarem a sequência de blocos de Deslocamento necessários para desenhar cada parte da escada. Nas Figuras 5.12 e 5.13 ilustramos a solução de uma equipe de crianças e uma equipe de professores respectivamente.

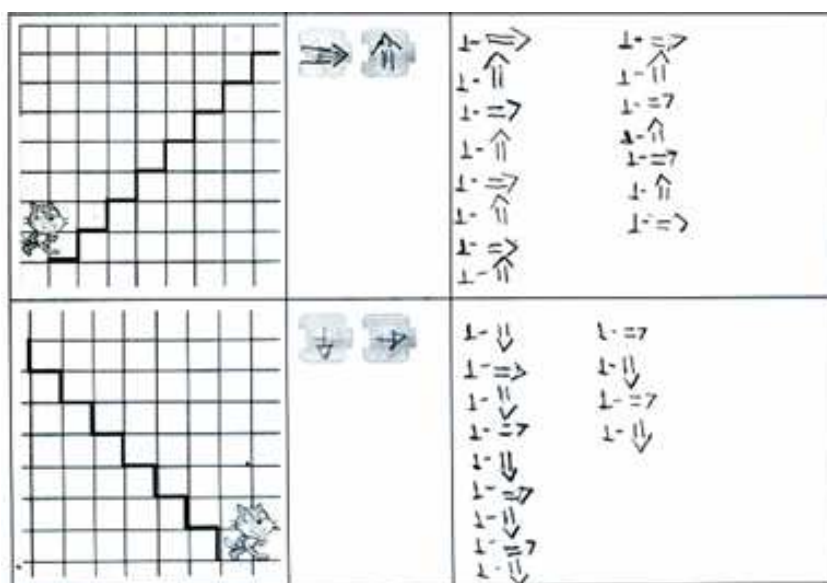


Figura 5.12: Solução de uma equipe de crianças para o exercício da escada

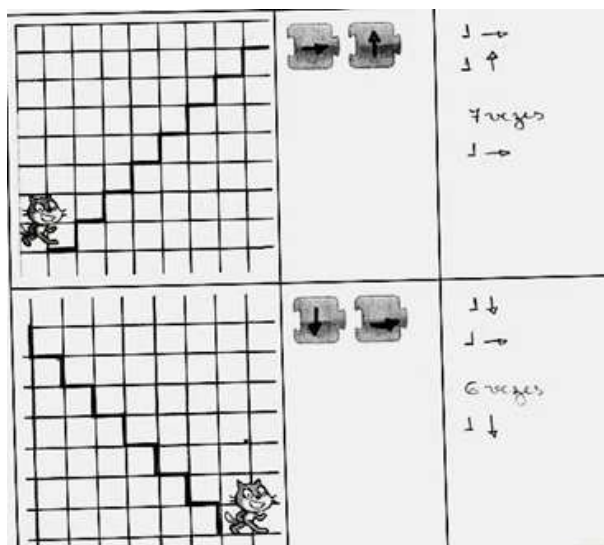


Figura 5.13: Solução de uma equipe de professores para o exercício da escada

Uma vez determinada a sequência de blocos de Deslocamento, os participantes identificaram o grupo de blocos repetidos e planejaram a solução tangível utilizando os blocos de Repetições (Figura 5.14).



(a) crianças



(b) Professores

Figura 5.14: Soluções dos participantes na oficina de Repetições

Figuras Geométricas

Trabalhamos o conceito de Procedimento com o exercício de desenhar duas figuras geométricas (Figura 5.15) utilizando os blocos de Procedimentos.

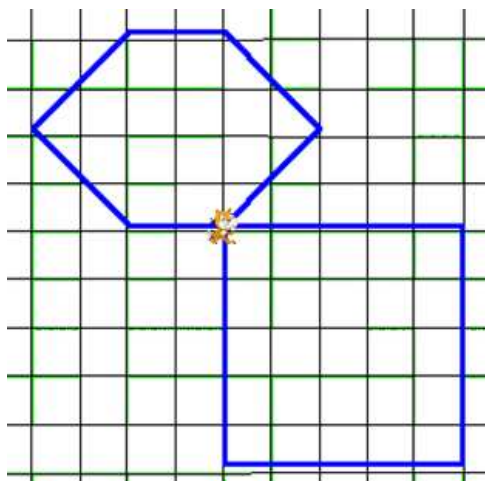


Figura 5.15: Figuras Geométricas utilizadas na oficina de Procedimentos

Para resolver esse exercício os participantes trabalharam as figuras geométricas separadamente. Na folha de exercícios atribuímos um nome de Procedimento para cada figura 5.16. Inicialmente os participantes descreveram as ações de cada Procedimento utilizando apenas os blocos de Deslocamento.

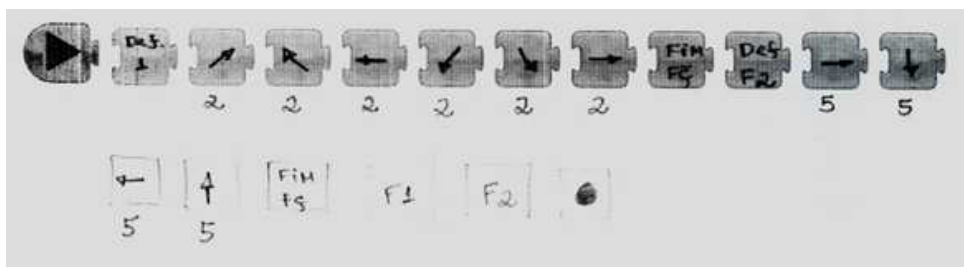
	Função 1 (F1)	$\begin{matrix} 2\uparrow & 2\uparrow & 2\leftarrow & 2\leftarrow & 2\downarrow \\ 2\rightarrow \end{matrix}$
	Função 2 (F2)	$\begin{matrix} 5\rightarrow & 5\downarrow & 5\leftarrow & 5\uparrow \end{matrix}$

Figura 5.16: Estratégia adotada para resolver o problema das figuras geométricas

Depois continuaram com o planejamento da solução tangível utilizando os blocos de Procedimentos. Na Figura 5.17 mostramos as soluções de crianças (Figura 5.17(a)) e professores (Figura 5.17(b)).



(a) crianças



(b) professores

Figura 5.17: Solução dos participantes na oficina de Procedimentos

Desafios

Realizamos exercícios de desafio no segundo semestre de 2015. Os desafios consistiam em programas tangíveis que as crianças deviam analisar e determinar se estavam corretos. No caso de estarem errados, as crianças deviam corrigir o programa tangível. Os desafios tinham como objetivo avaliar as crianças na aprendizagem dos conceitos de programação e da sintaxe do ambiente TaPrEC. Apresentamos os exercícios de desafio na parte final da folha de exercícios.

Na Figura 5.18 apresentamos um desafio da oficina de Sequências que consistia em analisar um programa tangível para criar um quadrado. Como observamos, uma equipe de crianças acrescentou e apagou (marcando com um "x") blocos de Deslocamento para corrigir o programa tangível.

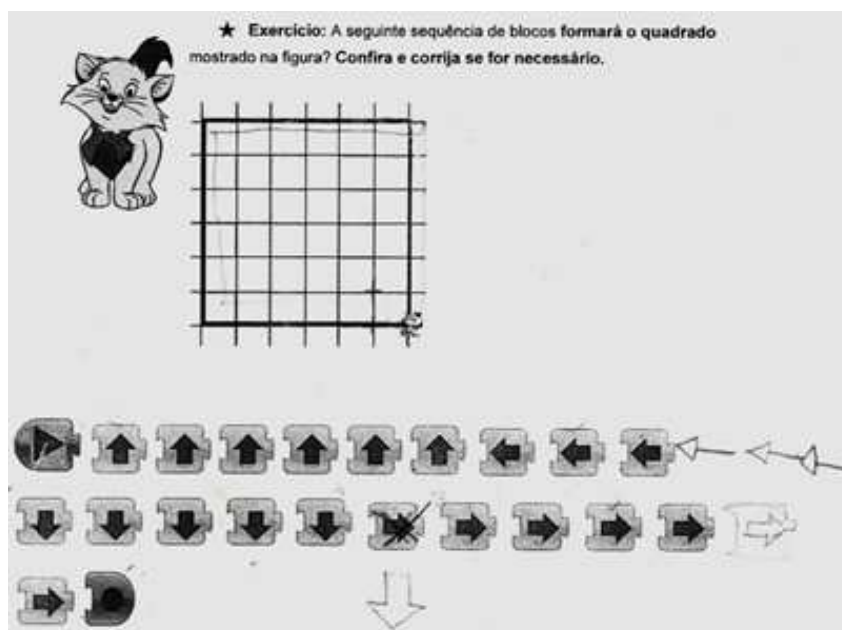


Figura 5.18: Solução de uma equipe de crianças para o desafio da oficina de Sequências

Na oficina de Repetições um desafio consistiu na correção do programa tangível da Figura 5.19. Observamos que uma equipe de crianças corrigiu o programa marcando com um “x” os blocos desnecessários e substituindo o número 2 por 4.

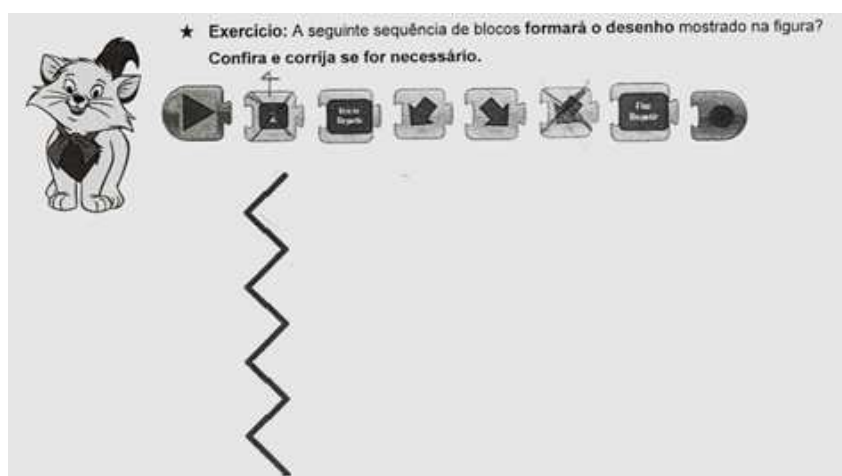


Figura 5.19: Solução de uma equipe de crianças para o desafio da oficina de Repetições

Na Figura 5.20 mostramos um desafio da oficina de Procedimentos. As crianças escreveram a resposta: “No final é F1 não F2”. A resposta é correta porque no programa tangível foi definido o Procedimento "F1", mas é invocado o Procedimento "F2".

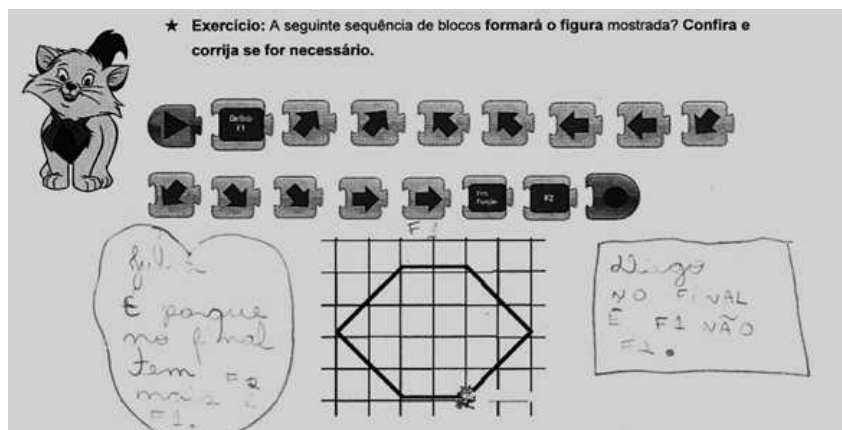


Figura 5.20: Solução de uma equipe de crianças para o desafio da oficina de Procedimentos

Discussão

Na etapa de Introdução da dinâmica das Oficinas Experimentais explicamos a sintaxe dos Blocos de Programação utilizando um exemplo simples de um programa tangível que ilustrava o conceito a ser trabalhado. Na etapa de Execução reforçamos a explicação inicial em cada equipe de trabalho e resolvemos as dúvidas dos participantes. Os participantes colaboravam na resolução dos exercícios sugerindo quais Blocos de Programação utilizar, assim como a ordem e a quantidade. Os resultados das equipes mostram que a dinâmica utilizada possibilitou que os participantes aprendessem a lógica para construir um programa tangível no ambiente TaPrEC (início, sequência de ações e fim) e os conceitos de programação (Sequências, Repetições e Procedimentos).

Em geral as equipes de trabalho conseguiram planejar e executar corretamente suas soluções tangíveis para os exercícios propostos. No entanto algumas equipes precisaram mais tempo e ajuda para resolver corretamente os exercícios. Os pesquisadores ajudavam aos participantes fazendo sugestões ou observações para que conseguissem encontrar os erros do programa tangível.

No primeiro semestre de 2015 as equipes de trabalho estavam formadas de 4 a 5 crianças. As próprias crianças faziam a divisão de tarefas e por causa do número de integrantes da equipe, algumas crianças ficavam sem tarefas para realizar e sentiam que não tinham nada para fazer. Quando detectamos esse problema diminuimos o número de integrantes por equipe para 2 ou no máximo 3 crianças. Com uma equipe menor de trabalho conseguimos que todas as crianças participassem ativamente.

O conceito de Procedimento foi o mais difícil de entender pelos participantes. Observamos que a principal dificuldade que enfrentavam era entender que durante a definição do Procedimento o programa tangível não executa nenhuma ação, só quando o Procedimento é invocado pelo nome executa as ações definidas previamente. Apesar dessa dificuldade algumas equipes conseguiram resolver o desafio proposto para essa oficina demonstrando assim que entenderam o conceito e a sintaxe do Procedimento.

As soluções (algoritmos) criadas pelos participantes deviam realizar uma ação específica (criar uma figura geométrica, percorrer o caminho certo no labirinto, etc.) e consequentemente observamos como os participantes encararam situações de correção de erros

até alcançar o objetivo estabelecido. Algumas equipes conseguiam a solução correta na primeira tentativa, outras apresentavam erros e começavam o processo de correção. Nesse processo observamos que os participantes revisavam se a solução da folha de exercícios coincidia com a solução tangível. Algumas vezes acontecia que esqueciam de colocar algum bloco ou tinham colocado um bloco no lugar de outro. Se ambas as soluções coincidiam, começavam a analisar o programa tangível comparando sequencialmente os blocos do programa tangível com o resultado mostrado no monitor. Durante o processo de correção as crianças conversavam e davam sugestões entre elas para corrigir o programa tangível, algumas sugeriam trocar um bloco por outro, outras queriam diminuir ou acrescentar a quantidade de um determinado bloco. Se depois de várias tentativas não encontravam o erro, os pesquisadores dava algumas sugestões que ajudavam na correção do programa tangível. Quando as crianças demoravam muito tempo tentando encontrar o erro ficavam ansiosas, mas quando conseguiam resolver corretamente o exercício sentiam orgulho e alegria.

Os professores resolveram os mesmos exercícios que as crianças e quase não tiveram dificuldades na resolução dos problemas. O objetivo de trabalhar com os professores foi capacita-los na manipulação do TaPrEC para que num futuro próximo consigam criar seus próprios exercícios para trabalhar diferentes temas utilizando conceitos de programação. Recebemos muitas sugestões dos professores que nos ajudaram aprimorar nosso ambiente e a organização das Oficinas Experimentais, algumas delas foram: *“melhorar os desenhos dos Blocos de Programação para facilitar a interpretação”*, *“reformular as perguntas para entender melhor o objetivo dos exercícios”*, *“as peças poderiam ser coloridas dependendo da direção”*, *“que o deslocamento na tela e o comando aconteçam ao mesmo tempo”*. Essa última sugestão é muito importante porque implica a criação de um mecanismo de *debugging* que permita aos usuários realizar uma correção de erros mais rápida.

5.5.2 Resultados das Oficinas Semio-participativas

Com a construção colaborativa do Diagrama de partes interessadas procuramos clarificar o alcance real do projeto e sua importância não só para aqueles diretamente envolvidos em sua operação, senão para a comunidade inteira. Os professores levantaram as partes interessadas que direta ou indiretamente influenciam ou sofrem a influência do projeto. Algumas partes interessadas levantadas pelos professores foram: os estagiários colocados na camada de Contribuição; o grupo de gestão escolar colocado na camada Fonte; os jogos pedagógicos em DVD colocados na camada de Mercado; e as ONGs colocadas na camada de Comunidade.

Na Figura 5.21 ilustramos o Diagrama de partes interessadas após de seu preenchimento por parte dos professores.

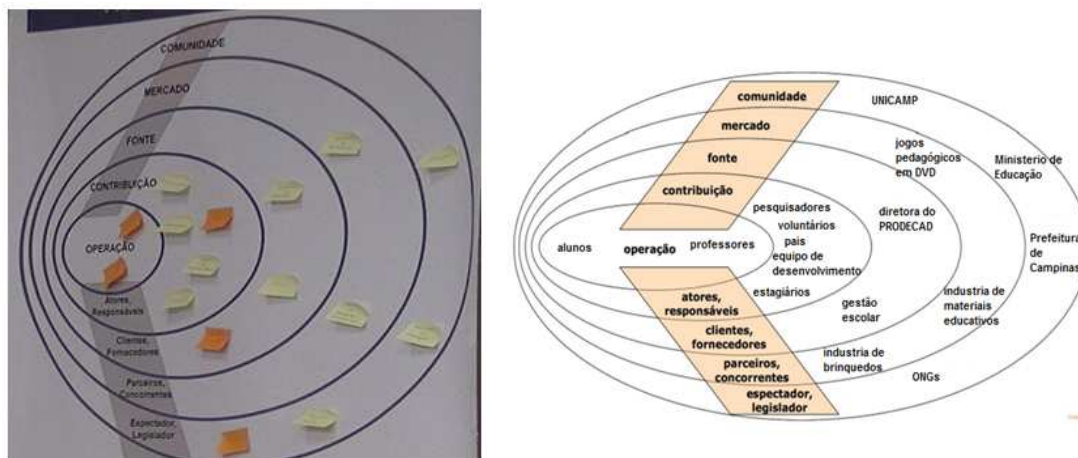


Figura 5.21: Diagrama de partes interessadas preenchido pelos professores

Em cada camada do Diagrama os professores levantaram grupos de partes interessadas com interesses específicos. Na camada de Operação identificaram os alunos e os professores que manipulam diretamente o ambiente TaPrEC. Na camada de Contribuição estão os pesquisadores, voluntários, pais, a equipe de desenvolvimento e os estagiários os quais estão diretamente afetados ou são responsáveis pelo projeto. Os professores enfatizaram a participação dos estagiários nas atividades diárias com as crianças. Na camada de Fonte levantaram o grupo de gestão escolar do PRODECAD (onde está incluída a diretora) como fornecedores de informações para o projeto. Na camada de Mercado encontramos a indústria de brinquedos, indústria de materiais educativos e os jogos pedagógicos em DVD como elementos do mercado potencialmente relacionados ao projeto. Finalmente na camada da Comunidade encontramos as ONGs, a Prefeitura de Campinas, o Ministério de Educação e a própria UNICAMP como representantes da comunidade que influenciam e são influenciados pelo projeto no contexto social.

Uma vez que os professores identificaram as partes envolvidas no projeto, o grupo discutiu questões/problemas específicas de cada uma das partes interessadas durante a utilização do TaPrEC e as ideias ou soluções vislumbradas. Por exemplo, na camada de Operação levantaram as seguintes questões: *“Em que tipo de atividades se aproveitaria melhor o ambiente?”* e *“Como o professor poderia criar novos exercícios de programação no ambiente?”*. Os resultados dessa discussão foram essenciais para esclarecer as demandas relativas a cada um dos envolvidos.

Na Figura 5.22 ilustramos o Quadro de Avaliação após ter sido preenchido pelo grupo de professores.

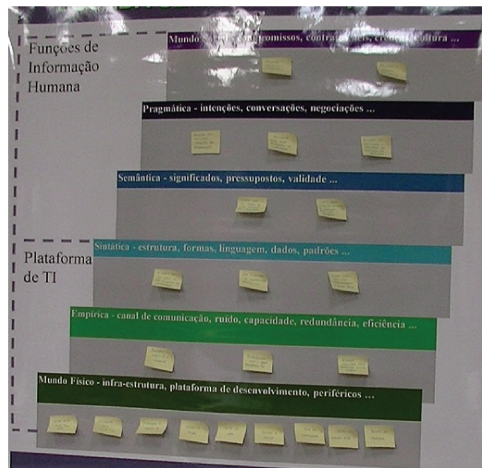
Partes Interessadas	Problemas e Questões	Ideias e Soluções
OPERAÇÃO	[Sticky Notes]	[Sticky Notes]
CONTRIBUIÇÃO Atores Responsáveis	[Sticky Notes]	[Sticky Notes]
FONTE Clientes, Fornecedores	[Sticky Notes]	[Sticky Notes]
MERCADO Parceiros, Concorrentes	[Sticky Notes]	[Sticky Notes]
COMUNIDADE Espectador, Legislador	[Sticky Notes]	[Sticky Notes]

Figura 5.22: Quadro de Avaliação preenchido pelos professores

Observamos que para cada parte interessada os professores levantaram questões/problemas e soluções/ideias. A seguir detalhamos as questões e soluções que conformam o Quadro de Avaliação para cada parte interessada: i) para a Operação: *Como seria a manutenção em caso quebrar algum objeto tangível?*, resposta/solução: “A manutenção dos objetos tangíveis será explicado no Manual de Instalação do ambiente TaPrEC”; outra questão foi: *Como o professor poderia criar novos exercícios de programação no ambiente?*, resposta/solução: “Os programas estão feitos na linguagem de programação *Scratch*, que é simples de aprender. Existe uma ampla documentação na Internet. Aliás, podem ser programadas algumas oficinas de capacitação na linguagem *Scratch* e ser criado um manual básico exclusivo para o ambiente TaPrEC”; ii) para a Contribuição: *Em que tipo de atividades se aproveitaria melhor o ambiente?*, resposta/solução: “O ambiente poderia ser utilizado para ajudar nas matemáticas, alfabetização, socialização e no desenvolvimento da motricidade” iii) para a Fonte: *Como os outros atores da escola (diretora, coordenadora) poderão acessar aos conceitos de programação que ensina o ambiente?*, resposta/solução: “Um manual do TaPrEC será deixado para que qualquer funcionário da escola possa aprender o uso do ambiente”, outra questão foi: *Quem vai custear os equipamentos e o projeto?*, resposta/solução: O projeto possui recursos do Grupo Gestor de Benefícios Sociais (GGBS) que possibilitará custear um kit completo do ambiente TaPrEC para deixar na escola; iv) para o Mercado: *Existem outros ambientes de programação tangível no mercado?*, resposta/solução: “Sim, existem outros ambientes de programação tangível que utilizam tecnologias e equipamentos mais sofisticados”; v) para a Comunidade: *Como a comunidade poderia se beneficiar com o ambiente TaPrEC?*, resposta/solução: “O ambiente permite o desenvolvimento de habilidades do pensamento crítico e resolução de problemas por meio da aprendizagem de conceitos básicos de pro-

gramação. Estudantes e profissionais capazes de desenvolver habilidades do pensamento computacional ajudarão na solução de problemas atuais da sociedade”.

Com a Escada Semiótica, os diferentes níveis de abstração do ambiente TaPrEC foram clarificados, desde o nível físico onde foram identificados e explicados cada um dos dispositivos utilizados no ambiente, até o mundo social onde por exemplo o desenvolvimento do pensamento computacional promovido pelo ambiente foi destacado. Na Figura 5.23(a) ilustramos o pôster da Escada Semiótica utilizada nas Oficinas Semio-Participativas realizada com os professores. Na Figura 5.23(b) detalhamos cada degrau da Escada Semiótica do projeto TaPrEC.



(a) pôster da Escada Semiótica

Funções do Sistema de Informação Humano		MUNDO SOCIAL		- promover o pensamento computacional - promover o trabalho colaborativo
		PRAGMÁTICO		- explorar com facilidade conceitos de programação - facilidade para criar programas de computador - explorar a habilidade de resolução de problemas
		SEMÂNTICO		- entender os conceitos de Sequências, Repetições e Procedimentos - criar algoritmos com a estrutura correta
Plataforma Tecnológica		SINTÁTICO	- utilizar os blocos de programação corretamente com a sintaxe proposta - manipular corretamente o leitor RFID - utilizar corretamente o ambiente Scratch 1.4	
		EMPÍRICO	Raspberry Pi 2 Modelo B	leitor e etiquetas RFID 13.56 MHz cartão micro SD com capacidade maior a 4GB
MUNDO FÍSICO	monitor	Raspberry Pi	leitor RFID	etiquetas RFID .. blocos de madeira cartão SD fonte de alimentação adaptador HDMI / VGA caixa de som

(b) descrição detalhada da Escada Semiótica

Figura 5.23: Escada Semiótica do ambiente TaPrEC

Os degraus da parte inferior correspondem à Plataforma Tecnológica: no degrau do Mundo Físico encontramos o hardware utilizado pelo ambiente TaPrEC (monitor, *Raspberry Pi*, leitor RFID, etiquetas RFID, caixa de som, blocos de madeira, adaptador HDMI/VGA, fonte de alimentação e cartão SD); no degrau Empírico estão as propriedades estáticas dos dispositivos físicos (o modelo de *Raspberry Pi*, a frequência do leitor

e as etiquetas RFID, tipo e capacidade do cartão SD, cores dos blocos de madeira); no degrau Sintático está a sintaxe para a construção de programas tangíveis no TaPrEC (sintaxe dos conceitos de Sequências, Repetições e Procedimentos), a manipulação correta do leitor RFID, a utilização correta do ambiente *Scratch 1.4*. Os degraus superiores correspondem às Funções do Sistema de Informação Humano: no degrau Semântico estão o entendimento dos conceitos de programação do TaPrEC e a criação de algoritmos com a estrutura correta, no degrau Pragmático especificamos o uso intencional do ambiente (explorar com facilidade conceitos de programação, facilidade para criar programas de computador, explorar habilidades para resolução de problemas) e no degrau do Mundo Social está promover o desenvolvimento do pensamento computacional e o trabalho colaborativo.

Discussão

TaPrEC é uma ferramenta tecnológica projetada pensando nos atuais desafios educativos que destacam o desenvolvimento do pensamento computacional como uma habilidade importante que as crianças devem adquirir para aprendizagem da ciência e a tecnologia. Na literatura existem resultados de experiências que demonstram a importância da programação de computadores como meio para desenvolver o pensamento computacional nas crianças. Como a importância da aprendizagem da programação está bem esclarecida, idealizamos um ambiente tecnológico que juntasse a tecnologia de baixo custo com as vantagens das Interfaces Tangíveis para ensinar programação às crianças.

Incorporar o uso de uma nova ferramenta tecnológica na sala de aula não se limita a ensinar como se utiliza simplesmente; pode trazer desafios relacionados a questões técnicas (como por exemplo, como manusear e dar manutenção para a tecnologia) e também a questões pragmáticas (o que fazer com a tecnologia em atividades relacionadas com o conteúdo escolar). Por isso nosso projeto não está apenas centrado na tecnologia utilizada para criar um ambiente de programação tangível, senão também nas partes interessadas/envolvidas, aquelas pessoas afetadas direta ou indiretamente pelo projeto.

As Oficinas Semio-participativas serviram: i) para que os professores do PRODECAD clarificassem como seria a inclusão do TaPrEC no cotidiano da escola como uma ferramenta de apoio em diferentes atividades desenvolvidas com as crianças; ii) para entender a influência das outras partes interessadas (por exemplo os estagiários, a diretora, a coordenadora); iii) e antecipar problemas e propor soluções.

Realizamos duas Oficinas Semio-participativas (uma oficina por semestre). Quando agendamos as Oficinas Semio-participativas decidimos realiza-las depois de finalizar as Oficinas Experimentais de modo que os professores tivessem uma visão mais ampla do funcionamento do ambiente TaPrEC e conseguissem vislumbrar melhor possíveis problemas no processo de incorporar o ambiente nas atividades com as crianças. Os professores imaginaram a utilização do ambiente TaPrEC como apoio no ensino de temas de matemáticas, orientação no espaço, lógica e alfabetização. Destacaram a oportunidade que tem as crianças de serem criadoras de seus próprios programas e conhecer o computador de outro ponto de vista.

5.5.3 Resultados da Autoavaliação de Emoções

A última etapa da dinâmica das Oficinas Experimentais correspondia à avaliação da oficina por parte dos participantes. Utilizamos a Autoavaliação de Emoções [5] como método para que os participantes avaliassem sua resposta afetiva com relação às atividades realizadas em três dimensões afetivas: Satisfação, Motivação e Controle. A experiência de interação com nosso ambiente foi facilitada pela sintaxe simples que permitiu aos participantes aprender conceitos básicos de programação por meio da manipulação de objetos concretos. Os símbolos, as formas e as cores dos objetos tangíveis do TaPrEC permitiram manipular os objetos tangíveis de forma intuitiva, com um bom controle e sem gerar inseguranças nos usuários.

A Autoavaliação de Emoções possui três escalas correspondentes às três dimensões afetivas: Satisfação, Motivação e Controle. Cada dimensão afetiva teve uma escala de 9 pontos representados por círculos (Figura 5.24) que serviu para estender as opções da resposta afetiva. Os participantes marcaram com um “x” sobre qualquer círculo da escala. Como método para analisar os resultados atribuímos um valor numérico para cada posição da escala (1–9). Determinamos a frequência de cada valor em cada dimensão afetiva e calculamos o valor porcentual das frequências para criar um gráfico de barras onde o eixo X representa os valores da escala e o eixo Y, a porcentagem da frequência dos valores da escala. Analisamos os resultados da seguinte maneira: os valores mais altos (7, 8 e 9) representam uma resposta afetiva positiva, sendo o valor 9 a intensidade mais alta; os valores intermediários (4, 5 e 6) representam uma resposta afetiva neutra; e os valores mais baixos (1, 2 e 3) representam uma resposta afetiva negativa. Para determinar a resposta afetiva predominante em cada dimensão afetiva somamos separadamente as porcentagens dos valores positivos, neutros e negativos; comparamos os resultados, sendo o maior dos valores a resposta afetiva predominante.

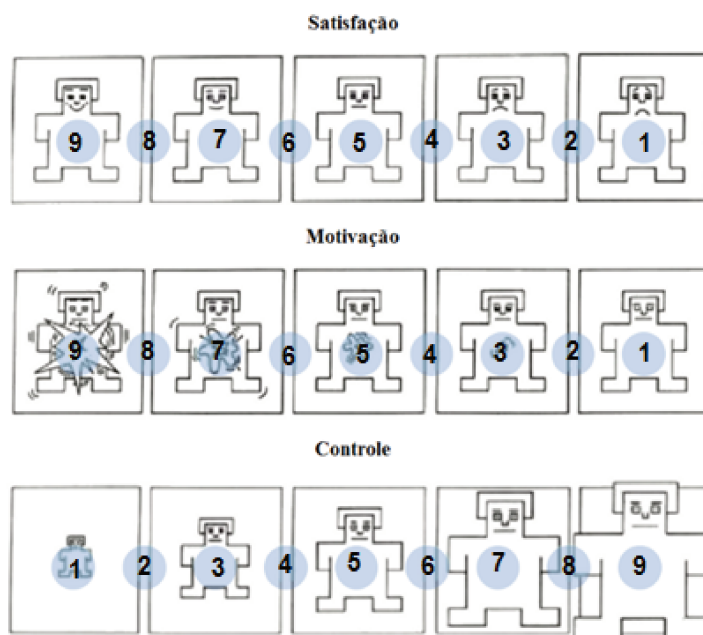


Figura 5.24: Autoavaliação de Emoções com a escala de 9 pontos

A seguir apresentamos a análise dos resultados da Autoavaliação de Emoções para as Oficinas Experimentais.

Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Introdução

No primeiro semestre de 2015 realizamos duas oficinas de Introdução ao ambiente Ta-PrEC (uma com os professores e outra com as crianças). Nessas oficinas apresentamos os objetivos do projeto, explicamos o funcionamento do hardware de baixo custo e os participantes desenvolveram alguns exercícios preliminares para familiarizarem-se com os Blocos de Programação, especialmente com os blocos de Controle. Na Figura 5.25 apresentamos os resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Introdução.

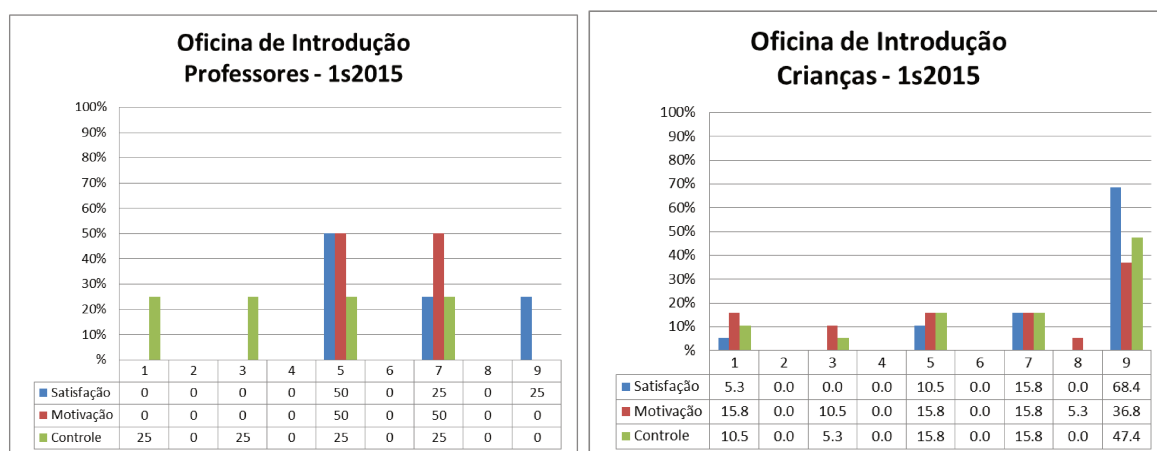


Figura 5.25: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Introdução – 1s2015.

Análise dos resultados da oficina de Introdução com os professores: Conforme ao nosso método de análise, observamos que nos resultados da Satisfação, os pontos 7 e 9 representam juntas 50% dos resultados. A barra do ponto 5 representa também 50%. Esses valores indicam que metade dos professores teve uma resposta afetiva neutra e a outra metade uma resposta afetiva positiva com relação à dimensão afetiva de Satisfação. Para o caso da Motivação, as barras dos pontos 5 e 7 representam 50% cada. Podemos afirmar que em relação à Motivação os valores indicam uma resposta afetiva neutra por parte da metade dos professores e uma resposta positiva por parte da outra metade. Com relação à dimensão de Controle cada barra representa 25% dos resultados. As barras dos pontos 1 e 3 representam juntas 50%. Podemos afirmar que para a dimensão afetiva de Controle metade dos professores teve uma resposta afetiva negativa.

Análise dos resultados da oficina de Introdução com as crianças: As barras dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 15,8% e 68,4% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta afetiva positiva na dimensão de Satisfação. Com relação à Motivação, as barras dos pontos 7, 8 e 9 representam respectivamente 15,8%, 5,3% e 36,8% dos resultados. Com base nesses resultados podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Motivação. Com relação ao Controle, as barras dos pontos 7 e 9 representam 15,8% e 47,4% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta afetiva positiva com relação ao Controle também.

Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências

Trabalhamos o conceito de Sequências em seis oficinas ao longo de 2015. No primeiro semestre realizamos quatro oficinas com a turma de manhã: duas oficinas com os professores e duas oficinas com as crianças. No segundo semestre realizamos duas oficinas com a turma da tarde: uma oficina com os professores e uma oficina com as crianças. A seguir apresentamos os resultados de cada semestre.

Resultados das oficinas de Sequências do primeiro semestre de 2015

Na Figura 5.26 mostramos os resultados das oficinas de Sequências com os professores.

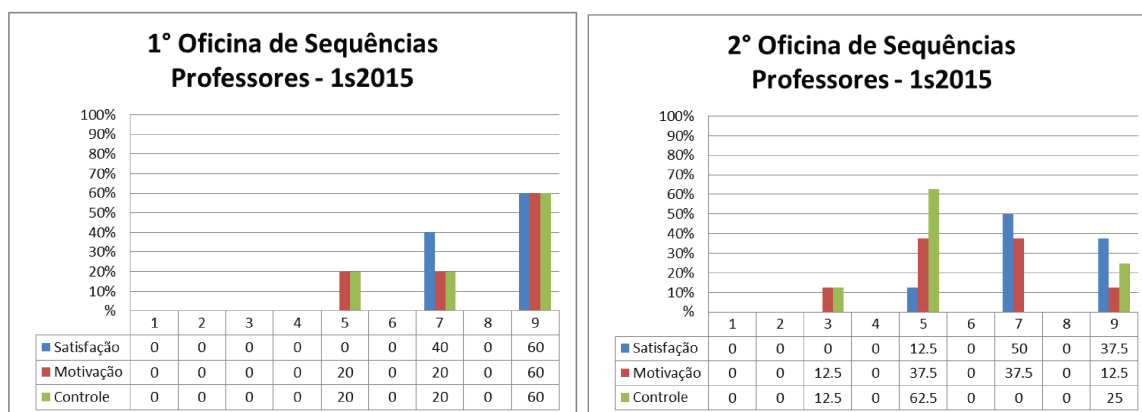


Figura 5.26: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências com os professores – 1s2015.

Análise dos resultados das oficinas de Sequências com os professores: Na primeira oficina observamos que todos os resultados estão entre os pontos 5 e 9 da escala. Com relação à Satisfação, a barra do ponto 9 representa 60% e a barra do ponto 7 representa 40%. Podemos afirmar que a resposta afetiva de todos os professores com relação à Satisfação foi positiva. No caso da Motivação, os resultados dos pontos 7 e 9 representam 20% e 60% respectivamente. Podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta positiva em relação à dimensão afetiva de Motivação. Com relação ao Controle, os resultados dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 20% e 60% dos resultados. Podemos afirmar que o Controle experimentado pelos professores nesta primeira oficina de Sequências foi bastante positivo.

Na segunda oficina a altura mais alta das barras de Satisfação se encontra no ponto 7 e representa 50% dos resultados. O ponto 9 concentra 37,5% e o ponto 5 representa 12,5% dos resultados. Com base nesses valores podemos afirmar que a resposta afetiva dos professores com relação à dimensão de Satisfação foi positiva. No caso da dimensão de Motivação, os resultados dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 37,5% e 12,5% dos resultados. A barra do ponto 5 representa 37,5% e do ponto 3 representa 12,5% dos resultados. Podemos afirmar que metade dos professores teve uma resposta positiva nesta dimensão afetiva. Com relação à dimensão afetiva de Controle, a altura mais alta das barras está no ponto 5 da escala e representa 62,5% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva neutra na dimensão de Controle.

Na Figura 5.27 apresentamos os resultados das oficinas de Sequências com as crianças.

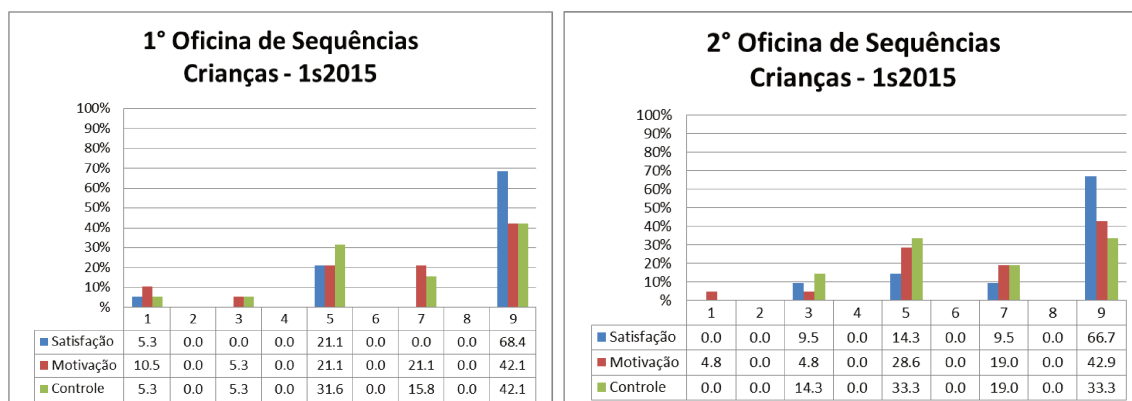


Figura 5.27: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências com as crianças – 1s2015.

Análise dos resultados das oficinas de Sequências com as crianças: Na primeira oficina, a barra com altura mais alta para a dimensão de Satisfação está no ponto 9 e representa 68,4% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta muito positiva na dimensão afetiva de Satisfação. Com relação à Motivação, os resultados dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 21,1% e 42,1% dos resultados. Com base nesses resultados podemos afirmar que a maior parte das crianças (63,2%) teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Motivação. Os resultados dos pontos 7 e 9 da dimensão afetiva de Controle representam respectivamente 15,8% e 42,1% dos resultados. Observamos que esses pontos concentram a maior parte dos resultados (57,9%), então podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma experiência positiva na dimensão afetiva de Controle também.

Na segunda oficina observamos que para a dimensão de Satisfação a barra do ponto 9 da escala representa 66,7% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta afetiva muito positiva com relação à Satisfação. Com relação à dimensão de Motivação, os resultados dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 19% e 42,9% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Motivação. Com relação à dimensão afetiva de Controle, os pontos 7 e 9 representam respectivamente 19% e 33,3% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Controle. No entanto existe uma porcentagem importante (33,3%) dos resultados no ponto 5 da escala, o que indica que um grupo considerável teve uma resposta afetiva neutra com relação ao Controle.

Resultados das oficinas de Sequências do segundo semestre 2015

Na Figura 5.28 apresentamos os resultados das oficinas de Sequências do segundo semestre de 2015.

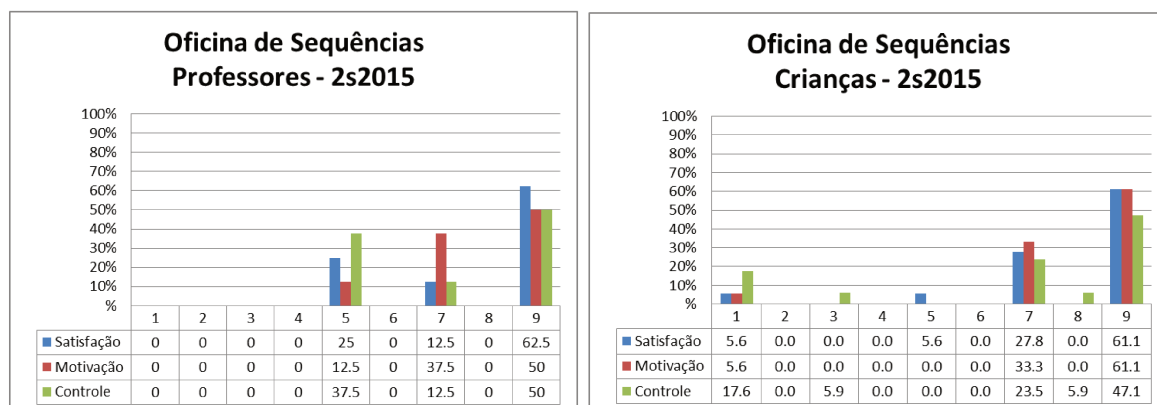


Figura 5.28: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Sequências – 2s2015.

Análise dos resultados da oficina de Sequências com os professores: Observamos que as alturas mais altas das barras de Satisfação, Motivação e Controle estão no ponto 9 da escala. Os resultados da dimensão afetiva de Satisfação estão distribuídos nos pontos 5, 7 e 9; e representam respectivamente 25%, 12,5% e 62,5% dos resultados. Então podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta positiva na dimensão de Satisfação. Por outro lado, os resultados da dimensão afetiva de Motivação estão nos pontos 5, 7 e 9 e representam respectivamente 12,5%, 37,5% e 50% dos resultados. Considerando os resultados dos pontos 7 e 9 (87,5%) podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva positiva em relação à Motivação. No caso do Controle, os resultados dos pontos 5, 7 e 9 representam respectivamente 37,5%, 12,5% e 50% dos resultados. Então podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Controle também.

Análise dos resultados da oficina de Sequências com as crianças: Com relação à Satisfação, a barra com a altura mais alta se encontra no ponto 9 e representa 61,1% dos resultados. O ponto 7 da escala representa 27,8% dos resultados. Então podemos afirmar que maior parte das crianças teve uma resposta afetiva positiva em relação à dimensão afetiva de Satisfação. Continuando a análise, observamos que os resultados da Motivação estão nos pontos 1, 7 e 9 da escala, e representam respectivamente 5,6%, 33,3% e 61,1% dos resultados. Com base nesses resultados podemos afirmar que com relação à dimensão afetiva de Motivação a maior parte das crianças teve uma resposta muito positiva. Com relação ao Controle, observamos que a barra com a altura mais alta está no ponto 9 da escala e representa 47,1% dos resultados. As barras dos pontos 7 e 8 representam respectivamente 23,5% e 5,9%. Então podemos afirmar que a resposta afetiva das crianças em relação ao Controle foi bastante positiva.

Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Repetições

Realizamos quatro oficinas com os participantes para trabalhar o conceito de Repetições (duas oficinas por semestre).

Resultados das oficinas de Repetições do primeiro semestre de 2015

Na Figura 5.29 apresentamos os resultados das oficinas de Repetições do primeiro semestre

de 2015.

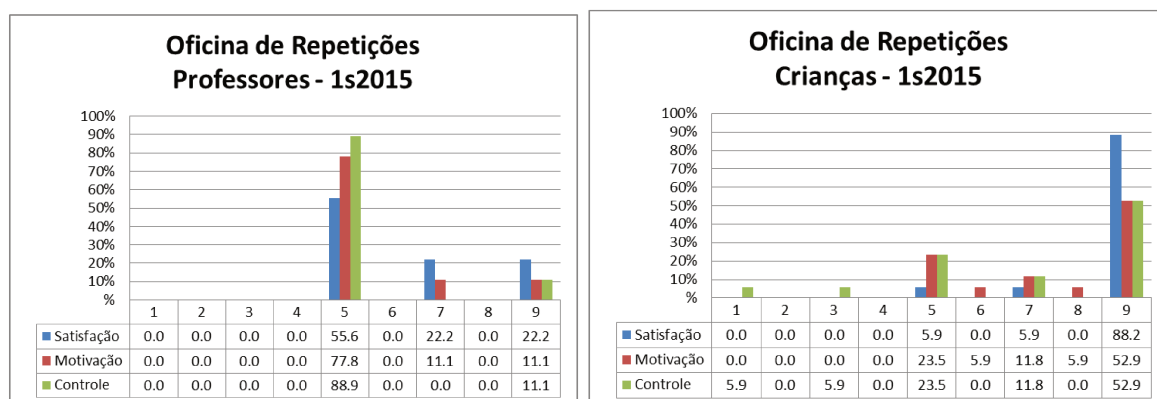


Figura 5.29: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Repetições - 1s2015.

Análise dos resultados da oficina de Repetições com os professores: Observamos que as barras com as alturas mais altas para as dimensões de Satisfação, Motivação e Controle se concentram no ponto 5 da escala. Para a Satisfação, a barra do ponto 5 representa 55,6% dos resultados. Para esta dimensão afetiva podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva neutra, no entanto existe uma porcentagem importante nos pontos 7 e 9 da escala que representam juntos 44,4% dos resultados e demonstram uma importante resposta positiva de uma parte dos professores. Por outro lado, observamos que os resultados da Motivação estão nos pontos 5, 7, 9 e representam respectivamente 77,8%, 11,1% e 11,1% dos resultados. Com base no valor mais alto, podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva neutra para a dimensão afetiva de Motivação. Para o caso do Controle observamos que a barra com a altura mais alta está no ponto 5 da escala e representa 88,9% dos resultados. Então podemos afirmar que para a dimensão afetiva de Controle os professores demonstraram uma resposta afetiva neutra também.

Análise dos resultados da oficina de Repetições com as crianças: Observamos que as barras mais altas para as dimensões de Satisfação, Motivação e Controle estão no ponto 9 da escala. Para a dimensão de Satisfação observamos que os resultados estão distribuídos nos pontos 5, 7 e 9 da escala. A barra do ponto 9 representa 88,2% dos resultados; e os resultados dos pontos 5 e 7 representam 5,9% cada. Podemos afirmar que com relação à dimensão afetiva de Satisfação a maior parte das crianças teve uma resposta afetiva muito positiva. Para a Motivação, os resultados dos pontos 7, 8 e 9 representam respectivamente 11,8%, 5,9% e 52,9% dos resultados. As barras dos pontos 5 e 6 representam 23,5% e 5,9% respectivamente. Então podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta positiva com relação à dimensão afetiva de Motivação. Para o caso do Controle observamos que os resultados estão em vários pontos da escala. As barras dos pontos 7 e 9 representam 11,8% e 52,9% respectivamente. Com base nesses valores podemos afirmar que com relação à dimensão de Controle a maior parte das crianças teve uma resposta positiva também.

Na Figura 5.30 apresentamos os resultados das oficinas de Repetições do segundo semestre de 2015.

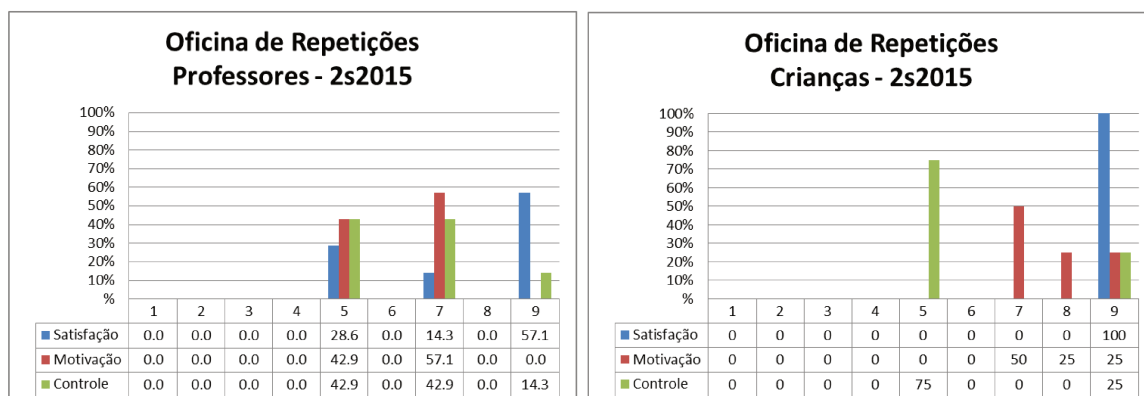


Figura 5.30: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Repetições - 2s2015.

Análise dos resultados da oficina de Repetições com os professores: Observamos que os resultados da Satisfação estão nos pontos 5, 7 e 9, e representam respectivamente 28,6%, 14,3% e 57,1% dos resultados. Então podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Satisfação. Para a dimensão de Motivação, observamos que a barra com a altura mais alta está no ponto 7 da escala e representa 57,1% dos resultados. Podemos afirmar que mais da metade dos professores teve uma resposta positiva na dimensão afetiva da Motivação. No entanto existe uma porcentagem importante (42,9%) dos resultados que se encontram no ponto 5 da escala que demonstra uma resposta afetiva neutra com relação à Motivação. Para a dimensão de Controle, observamos que as alturas das barras nos pontos 7 e 9 representam respectivamente 42,9% e 14,3%. Podemos afirmar que a maior parte dos professores experimentaram uma resposta positiva com relação à dimensão afetiva de Controle. No entanto existe uma porcentagem alta (42,9%) no ponto 5 da escala que demonstra que uma parte considerável dos professores teve uma resposta afetiva neutra para esta dimensão afetiva.

Análise dos resultados da oficina de Repetições com as crianças: Com relação à dimensão de Satisfação, todos os resultados estão no ponto 9, o ponto mais alto da escala. Então podemos afirmar que todas as crianças tiveram um sentimento muito positivo com relação à dimensão afetiva de Satisfação. Os resultados da Motivação estão nos pontos 7, 8 e 9 da escala e representam respectivamente 50%, 25% e 25% dos resultados. Podemos afirmar que a resposta afetiva de todas as crianças foi bastante positiva em relação à dimensão de Motivação. No caso da dimensão afetiva de Controle, observamos que a barra com a altura mais alta está no ponto 5 e representa 75% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta afetiva neutra com relação à dimensão de Controle.

Resultados da Autoavaliação de Emoções para as oficinas de Procedimentos

Em 2015 realizamos seis oficinas para trabalhar o conceito de Procedimento: quatro oficinas no primeiro semestre e duas oficinas no segundo semestre.

Resultados das oficinas de Procedimentos do primeiro semestre de 2015

Na Figura 5.31 mostramos os resultados das oficinas de Procedimentos com os professores.

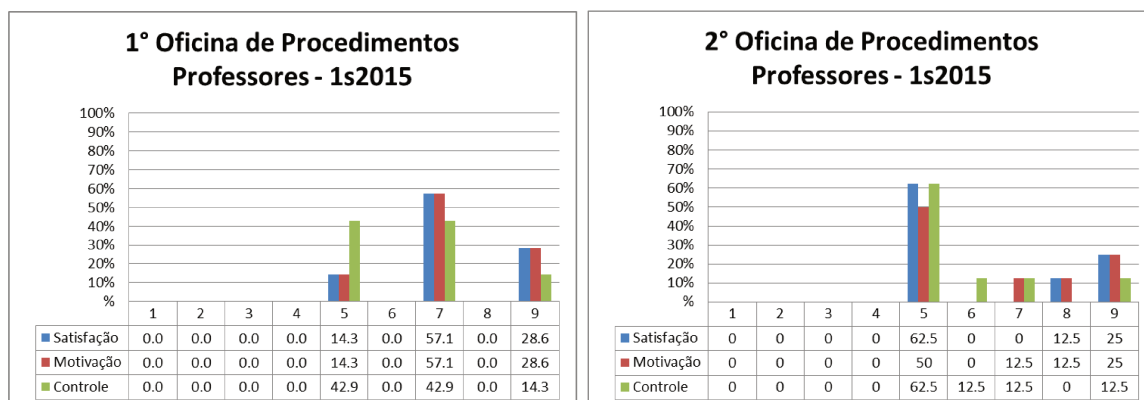


Figura 5.31: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Procedimentos com os professores – 1s2015.

Análise dos resultados das oficinas de Procedimentos com os professores: Na primeira oficina observamos que os resultados para a Satisfação e a Motivação são iguais. Em ambas as dimensões afetivas, os resultados representam 14,3%, 57,1% e 28,6% para os pontos 5, 7 e 9 respectivamente. Podemos afirmar que a resposta dos professores para as dimensões afetivas de Satisfação e Motivação foi positiva. Para o caso do Controle, os resultados representam 42,9%, 42,9% e 14,2% para os pontos 5, 7 e 9 respectivamente. Podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva positiva com relação ao Controle. No entanto existe uma porcentagem considerável (42,9%) dos professores que demonstraram uma resposta afetiva neutra.

Na segunda oficina com os professores observamos que as alturas mais altas das barras de Satisfação, Motivação e Controle estão no ponto 5 da escala. Para a dimensão de Satisfação, a barra do ponto 5 representa 62,5% dos resultados. Então podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva neutra em relação à dimensão afetiva de Satisfação. Para o caso da Motivação, a altura da barra no ponto 5 representa 50% dos resultados. As porcentagens dos pontos 7, 8 e 9 representam 12,5%, 12,5% e 25% respectivamente. Com base nesses resultados podemos afirmar que metade dos professores teve uma resposta afetiva neutra e a outra metade uma resposta positiva. Para o caso do Controle, as barras dos pontos 5 e 6 representam respectivamente 62,5% e 12,5% dos resultados. Podemos afirmar que para a dimensão de Controle a maior parte dos professores teve uma resposta afetiva neutra.

Na Figura 5.32 apresentamos os resultados das oficinas de Procedimentos com as crianças.

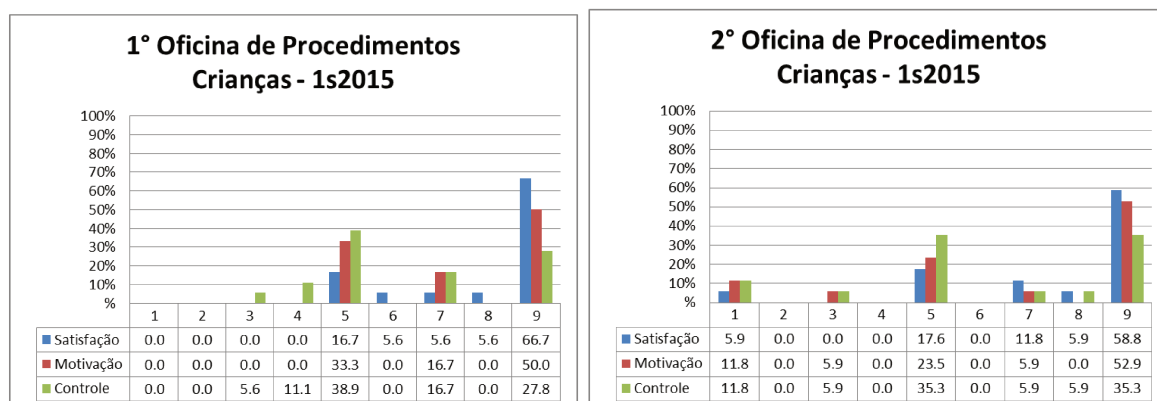


Figura 5.32: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Procedimentos com as crianças – 1s2015.

Análise dos resultados das oficinas de Procedimentos com as crianças: Na primeira oficina observamos que para a dimensão de Satisfação as alturas das barras nos pontos 7, 8 e 9 representam respectivamente 5,6%, 5,6% e 66,7%. Com base nesses resultados podemos afirmar que existe uma resposta muito positiva pela maior parte das crianças na dimensão afetiva de Satisfação. Os resultados da Motivação estão nos pontos 5, 7 e 9 da escala e representam respectivamente 33,3%, 16,7% e 50% dos resultados. Podemos afirmar a maior parte das crianças teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Motivação. Para o caso do Controle, os resultados estão em vários pontos da escala. As alturas das barras nos pontos 4 e 5 representam 11,1% e 38,9% respectivamente. As barras dos pontos 7 e 9 representam 16,7% e 27,8% dos resultados. Com base nessas porcentagens podemos afirmar que metade das crianças teve uma resposta afetiva neutra com relação ao Controle. No entanto existe uma porcentagem importante (44,5%) das crianças que teve uma resposta positiva com relação a esta dimensão afetiva.

Na segunda oficina observamos que a altura mais alta das barras de Satisfação se encontra no ponto 9 e representa 58,8% dos resultados. Os resultados dos pontos 7 e 8 representam 11,8% e 5,9% respectivamente. Podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta positiva na dimensão afetiva de Satisfação. Com relação à Motivação, as barras nos pontos 7 e 9 representam respectivamente 5,9% e 52,9% dos resultados. Podemos afirmar que a maioria das crianças teve uma resposta positiva na dimensão de Motivação. Com relação ao Controle, as barras dos pontos 7, 8 e 9 representam respectivamente 5,9%, 5,9% e 35,3% dos resultados. A barra do ponto 5 representa 35,3% e os pontos 1 e 3 representam respectivamente 11,8% e 5,9% dos resultados. Os resultados dos pontos 7, 8 e 9 concentram a maior porcentagem dos resultados (47,1%). Podemos afirmar que a maior parte de crianças teve uma resposta afetiva positiva. No entanto, existe uma porcentagem alta no ponto 5 da escala (35,3%) que representa uma resposta neutra para o Controle.

Resultados das oficinas de Procedimentos do segundo semestre de 2015

Na Figura 5.33 apresentamos os resultados das oficinas de Procedimentos do segundo semestre de 2015.

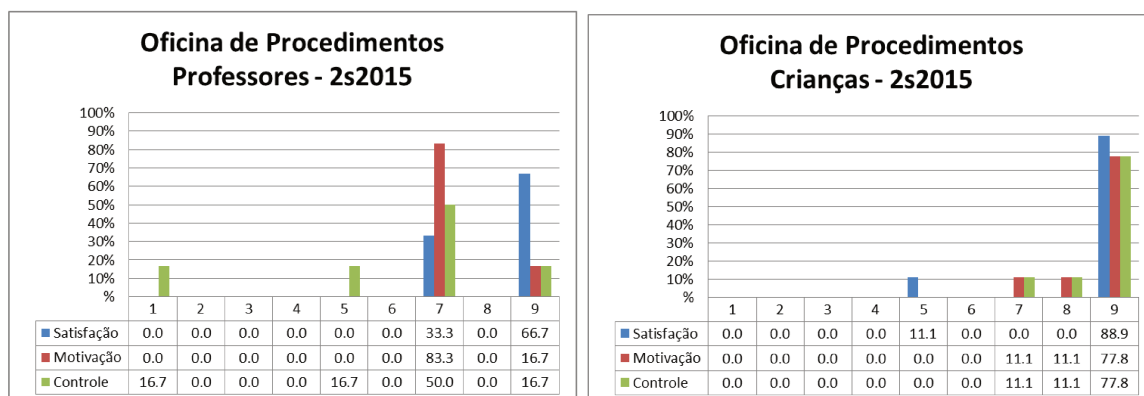


Figura 5.33: Resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas de Procedimentos – 2s2015.

Análise dos resultados da oficina de Procedimentos com os professores: Para a dimensão de Satisfação observamos que a barra com a altura mais alta se encontra no ponto 9 e representa 66,7% dos resultados. A barra do ponto 7 representa 33,3% dos resultados. Com base nesses resultados podemos afirmar que todos os professores tiveram uma resposta afetiva positiva para a dimensão de Satisfação. Para a dimensão de Motivação observamos que as barras dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 83,3% e 16,7% dos resultados. Então podemos afirmar que todos os professores tiveram uma resposta positiva na dimensão afetiva de Motivação também. Para o caso do Controle, as barras dos pontos 7 e 9 representam respectivamente 50% e 16,7% dos resultados. Podemos afirmar que a maior parte dos professores teve uma resposta positiva para o Controle.

Análise dos resultados das oficinas de Procedimentos com as crianças: Observamos que as barras com as alturas mais altas estão no ponto 9 da escala. Para o caso da Satisfação, a barra do ponto 9 representa 88,9% dos resultados. Com base nesse valor podemos afirmar que a maior parte das crianças teve uma resposta muito positiva na dimensão afetiva de Satisfação. Para o caso da Motivação e Controle, as barras com as alturas mais altas estão no ponto 9 e representam 77,8% dos resultados. Podemos afirmar que com relação às dimensões de Motivação e Controle as crianças tiveram uma resposta muito positiva na oficina de Procedimentos.

Síntese dos resultados da Autoavaliação de Emoções

Organizamos os resultados de acordo ao tipo de participante, semestre e dimensão afetiva para ter uma visão global. Na Tabela 5.3 apresentamos os resultados das oficinas com os professores do primeiro semestre de 2015.

Oficina	Satisfação	Motivação	Controle
Introdução	Neutra (50%) Positiva (50%)	Neutra (50%) Positiva (50%)	Negativa (50%)
Sequências	Positiva (100%)	Positiva (80%)	Positiva (80%)
Sequências	Positiva (87,5%)	Positiva (50%)	Neutra (62,5%)
Repetições	Neutra (55,6%)	Neutra (77,8%)	Neutra (88,9%)
Procedimentos	Positiva (85,7%)	Positiva (85,7%)	Positiva (57,2%)
Procedimentos	Neutra (62,5%)	Neutra (50%) Positiva (50%)	Neutra (62,5%)

Tabela 5.3: Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com os professores – 1s2015

Com relação à dimensão afetiva de Satisfação observamos que a maior parte dos professores tiveram uma resposta afetiva positiva nas duas oficinas de Sequências e na primeira oficina de Procedimentos; uma resposta afetiva neutra na oficina de Repetições e na segunda oficina de Procedimentos; e na oficina de Introdução não existe consenso nas respostas afetivas (50% de professores avaliaram como neutra e o outro 50% como positiva). Com relação à dimensão afetiva de Motivação os professores tiveram uma resposta afetiva positiva nas duas oficinas de Sequências e na primeira oficina de Procedimentos; uma resposta afetiva neutra na oficina de Repetições; e na oficina de Introdução e na segunda oficina de Procedimentos não existe consenso nas respostas afetivas (50% de professores avaliaram como neutra e o outro 50% como positiva). Para o caso da dimensão afetiva de Controle os professores tiveram uma resposta positiva na primeira oficina de Sequências e na primeira oficina de Procedimentos; uma resposta afetiva neutra na segunda oficina de Sequências, na oficina de Repetições e na segunda oficina de Procedimentos; e uma resposta afetiva negativa na oficina de Introdução.

Na Tabela 5.4 apresentamos o resumo dos resultados dos professores do segundo semestre de 2015.

Oficina	Satisfação	Motivação	Controle
Sequências	Positiva (75%)	Positiva (87,5%)	Positiva (62,5%)
Repetições	Positiva (71,4%)	Positiva (57,1%)	Positiva (56,6%)
Procedimentos	Positiva (100%)	Positiva (100%)	Positiva (66,7%)

Tabela 5.4: Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com os professores – 2s2015

Observamos que para as três dimensões afetivas a maioria dos professores teve uma resposta afetiva positiva em todas as Oficinas Experimentais. Os resultados das dimensões de Satisfação e Motivação da oficina de Procedimentos indicam que todos os professores experimentaram um sentimento positivo. Uma hipótese para explicar os excelentes resultados desse semestre é o aprimoramento do ambiente TaPrEC com base nos *feedbacks* dos

professores da turma de manhã do primeiro semestre. Lembremos também que no primeiro semestre utilizamos um *Raspberry Pi* 1 modelo B e um número reduzido de Blocos de Programação. Já no segundo semestre utilizamos o *Raspberry Pi* 2 modelo B que é um modelo mais recente e suporta melhor o Software de Controle. Para o segundo semestre também melhoramos a funcionalidade e incrementamos a quantidade dos Blocos de Programação. A dimensão afetiva de Controle tem as porcentagens mais baixas em comparação com as outras dimensões afetivas, no entanto esses resultados são maiores ao 50%.

Na Tabela 5.5 apresentamos o resumo dos resultados das crianças do primeiro semestre de 2015.

Oficina	Satisfação	Motivação	Controle
Introdução	Positiva (84,2%)	Positiva (57,9%)	Positiva (63,2%)
Sequências	Positiva (68,4%)	Positiva (63,2%)	Positiva (57,9%)
Sequências	Positiva (76,2%)	Positiva (61,3%)	Positiva (52,3%)
Repetições	Positiva (94,1%)	Positiva (70,6%)	Positiva (64,8%)
Procedimentos	Positiva (77,9%)	Positiva (66,7%)	Neutra (50%)
Procedimentos	Positiva (76,5%)	Positiva (58,9%)	Positiva (47,1%)

Tabela 5.5: Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com as crianças – 1s2015

Observamos que com relação às dimensões afetivas de Satisfação e Motivação a maioria das crianças experimentou uma resposta afetiva positiva em todas as Oficinas Experimentais. Para o caso da dimensão afetiva de Controle, apenas na primeira oficina de Procedimentos a resposta afetiva foi neutra; para as outras oficinas a resposta afetiva predominante foi positiva.

Na Tabela 5.6 apresentamos o resumo dos resultados das crianças do segundo semestre de 2015.

Oficina	Satisfação	Motivação	Controle
Sequências	Positiva (88,9%)	Positiva (94,4%)	Positiva (76,5%)
Repetições	Positiva (100%)	Positiva (100%)	Neutra (75%)
Procedimentos	Positiva (88,9%)	Positiva (100%)	Positiva (100%)

Tabela 5.6: Resumo dos resultados da Autoavaliação de Emoções das oficinas com as crianças – 2s2015

Os resultados mostram que as respostas das crianças foram positivas para quase todas as Oficinas Experimentais. Com relação à Satisfação as crianças tiveram uma resposta positiva em todas as oficinas, alcançando o 100% dos resultados na oficina de Repetições. Para a dimensão afetiva de Motivação a resposta das crianças foi positiva em todas as oficinas, alcançando o 100% nas oficinas de Repetições e Procedimentos. Para o caso

do Controle, nas oficinas de Sequências e Procedimentos predominou a resposta afetiva positiva e na oficina de Repetições predominou a resposta neutra.

Os resumos dos resultados da Autoavaliação de Emoções das crianças mostram que para as dimensões de Satisfação e Motivação a resposta afetiva positiva predominou em todas as oficinas do primeiro e segundo semestres. Para a dimensão de Controle, quase todas as avaliações foram positivas, no entanto as porcentagens são menores em comparação às alcançadas nas outras dimensões afetivas. Por outro lado, existem apenas duas oficinas com avaliação afetiva neutra para a dimensão de Controle: uma no primeiro semestre na oficina de Procedimentos e outra no segundo semestre na oficina de Repetições. Uma explicação para o resultado do primeiro semestre pode ser a dificuldade que as crianças demonstraram para entender que o Procedimento (sub-rotina) podia ser implementado dentro do programa principal. Além disso, a sintaxe do Procedimento do ambiente TaPrEC possui blocos de "inicio" e "fim" que as crianças confundiam com os blocos de Controle (ver Tabela 4.3) ocasionando problemas na construção do programa tangível (por exemplo, as crianças tentavam finalizar o Procedimento utilizando o bloco de fim dos blocos de Controle). Na oficina de Repetições do segundo semestre tem a única avaliação neutra desse semestre. Uma possível explicação pode ser que nesse semestre a turma com a qual trabalhamos tinha crianças pequenas de 7 anos que ficavam mais distraídas na etapa de Introdução e explicação dos conceitos. Já na oficina de Procedimentos, a turma do segundo semestre foi dividida e trabalhamos apenas com as crianças de 8 e 9 anos. Devemos destacar que nas oficinas com as crianças não existe nenhuma avaliação negativa.

5.5.4 Síntese do Estudo de Caso e Discussão

Durante o Estudo de Caso observamos que os participantes (professores e crianças) de ambos os semestres conseguiram aprender os conceitos básicos para construir programas tangíveis no ambiente TaPrEC. Quando as crianças interagem com o TaPrEC mostravam-se motivadas para montar e executar os programas tangíveis (Figura 5.34(a)). Se depois da execução do programa o ambiente mostrava algum erro, as crianças tentavam outra vez, até conseguir a solução correta. Quando seu programa tangível tinha algum erro, o primeiro que faziam era passar de novo o leitor RFID pelos Blocos de Programação para garantir que não esqueceram nenhum. Se ainda estava errado, algumas vezes conferiam a folha de exercícios para verificar se a solução em papel coincidia com a solução tangível. Outras vezes olhavam o exercício no monitor e tentavam corrigir o programa tangível mexendo os blocos diretamente. Também acontecia que voltavam para as mesas de trabalho e retomavam a solução em papel e os pesquisadores ajudavam dando sugestões ou fazendo perguntas para as crianças, mas não indicando diretamente a solução ao erro. Nesse processo de correção as crianças participavam dando ideias, mexendo os Blocos de Programação, tentando encontrar outra solução ou revisando a solução em papel (Figura 5.34(b)).



(a)



(b)

Figura 5.34: Crianças interagindo com o ambiente TaPrEC

Essa forma de reagir sugere que o ambiente permitiu que às crianças encararem processos de correção e localização de erros de forma natural. Outro aspecto importante foi como as crianças trabalharam durante as Oficinas Experimentais: discutiam sobre a solução dos exercícios e distribuíam tarefas entre elas como por exemplo montar o programa tangível, ler em voz alta a solução do exercício e passar o leitor RFID nos Blocos de Programação. Essa atitude mostra que o ambiente TaPrEC fomenta a colaboração e socialização entre as crianças. Por outro lado, durante as Oficinas Experimentais os professores contribuíram com sugestões importantes que nos ajudaram a aprimorar nosso ambiente. Experimentando diretamente com o TaPrEC, os professores conseguiram imaginar diferentes atividades que realizam com as crianças onde o nosso ambiente serviria de apoio como por exemplo para trabalhar com crianças com dificuldades de coordenação motora ou para reforçar a lógica matemática. Os professores destacaram a fácil aprendizagem da sintaxe dos conceitos de programação trabalhados com o TaPrEC.

Capítulo 6

Conclusões e Trabalhos futuros

O pensamento computacional tem sido reconhecido como uma habilidade importante não apenas para cientistas da computação, senão para todas as pessoas, como ferramenta essencial para desafios contemporâneos. O objetivo do pensamento computacional é desenvolver habilidades e fluência em informática, assim como desenvolver sistematicamente habilidades de pensamento crítico e resolução de problemas com base em conceitos da Computação. A programação de computadores constitui um meio para desenvolver este tipo de pensamento, além de habilidades como a criatividade e a autonomia. As Interfaces Tangíveis se apresentam como uma forma facilitada de ensinar programação às crianças; no entanto, existem barreiras (como os escassos recursos econômicos; a difícil manutenção e gerenciamento; e a falta de envolvimento das partes interessadas no design de ambientes de programação tangível) que dificultam a incorporação desta nova tecnologia, especialmente em escolas de países economicamente menos favorecidos.

Neste trabalho buscou-se criar um ambiente de programação tangível de baixo custo envolvendo as principais partes interessadas e que apoiasse o ensino de conceitos básicos de programação em ambiente escolar. O ensino de programação nas escolas pode ajudar no desenvolvimento de uma melhor compreensão de como funcionam os computadores e os sistemas computacionais, além de promover o desenvolvimento do pensamento computacional e capacidades alinhadas com os novos desafios da era digital em que vivermos. Dar voz e envolver às partes interessadas no design de soluções computacionais é importante porque introduz novos conhecimentos sobre o contexto para o qual a nova tecnologia está sendo criada. O resultado desse permanente ciclo de discussão, teste e aperfeiçoamento é uma tecnologia realmente útil e acorde as necessidades dos principais envolvidos.

Projetamos e construímos o TaPrEC, um ambiente de programação baseado nas Interfaces Tangíveis envolvendo as principais partes interessadas, com o objetivo que as crianças aprendam conceitos básicos da programação de forma concreta e lúdica por meio de Blocos de Programação.

Em 2015 realizamos um Estudo de Caso onde experimentamos o ambiente TaPrEC ao longo de 21 oficinas com crianças e professores em contexto educativo. Nas oficinas os participantes conseguiram operar facilmente os objetos tangíveis, criar programas tangíveis e aprender conceitos básicos de programação (Sequências, Repetições e Procedimentos), objetivo do Estudo.

Em termos de usabilidade, os resultados das Oficinas Experimentais demonstraram

que o ambiente TaPrEC é fácil de aprender, uma vez que os usuários conseguiram criar corretamente programas tangíveis em pouco tempo; é eficiente no uso, isto é, os usuários conseguiram rapidamente proficiência na criação de programas tangíveis. Além disso, os elementos do ambiente foram facilmente lembrados pelos usuários, isto é, crianças e professores conseguiram utilizá-lo facilmente ao voltar a usá-lo depois de certo tempo de interrupção. Ainda, de acordo com os resultados da Autoavaliação de Emoções, os usuários mostraram uma resposta afetiva positiva ao usá-lo.

Em termos de acessibilidade, verificamos que a tecnologia de Identificação por Radio-frequência (RFID) pode fornecer uma Interface Tangível menos abstrata, além de favorecer aspectos de acessibilidade. Os Blocos de Programação do TaPrEC foram construídos em alto-relevo e utilizam etiquetas RFID para que permitam que uma pessoa com deficiência visual, por exemplo, possa construir programas tangíveis ao sentir com o tato os símbolos dos blocos e ouvir o som emitido pelo leitor RFID ao ingressar os dados do programa tangível. Consideramos essas características importantes porque representam a possibilidade de envolver alunos com deficiências visuais ou motoras, por exemplo, na composição do programa. Entretanto, uma solução acessível ainda deve trabalhar aspectos de *feedback* da saída do programa, por exemplo com tradução do resultado em áudio.

Em termos de tempos de resposta podemos afirmar que a tecnologia utilizada mostrou-se adequada para a programação tangível. Uma vez inserido o programa tangível no ambiente TaPrEC, a média do tempo de resposta do sistema foi de 2s.

Na revisão da literatura acadêmica no tema encontramos diferentes ambientes para programação tangível que utilizam tecnologias mais sofisticadas em comparação com o proposto no ambiente TaPrEC. Nosso ambiente para programação tangível está composto por tecnologia de baixo custo que permite que seja acessível para instituições educativas com poucos recursos econômicos. Essa característica junto com a ideia de ensinar programação nas escolas por meio de Interfaces Tangíveis pode tornar o TaPrEC uma ferramenta com muito potencial de uso na comunidade educativa.

Analisando os resultados das Oficinas Experimentais concluímos que o ambiente conseguiu envolver as crianças nas atividades de forma natural. TaPrEC teve avaliações positivas nas dimensões afetivas de Satisfação e Motivação. A dimensão de Controle, apesar de obter algumas avaliações neutras e uma avaliação negativa, também pode ser considerada satisfatória. Durante as Oficinas Semio-participativas, os professores conseguiram antecipar questões e esclarecer suas dúvidas com relação à manutenção do ambiente e aos diferentes usos do TaPrEC como apoio nas atividades cotidianas da escola. Alguns usos que os professores imaginaram estão dentro da área das matemáticas, ajuda na socialização, no desenvolvimento da motricidade e na alfabetização. Por meio da participação ativa dos professores foi possível melhorar o conjunto inicial de Blocos de Programação assim como sua funcionalidade.

Outro aspecto importante que observamos de acordo com os resultados foi que os participantes se sentiram mais confortáveis nas Oficinas de Sequências e Repetições. Nas Oficinas de Procedimentos, os resultados sugerem que o conceito na forma trabalhada ainda mostrou-se difícil de entender para as crianças.

Este trabalho abordou a seguinte pergunta de pesquisa: *“Como introduzir as crianças na programação de computadores utilizando Interfaces Tangíveis baseadas em tecnologias*

atuais de baixo custo e envolvendo as principais partes interessadas?". Os resultados da literatura apontaram a falta de um ambiente que reunisse ao mesmo tempo todas essas características. Acreditamos que o ambiente TaPrEC reúne essas características ao utilizar objetos tangíveis baseados em RFID, um *Raspberry Pi* que é um computador de placa única de baixo custo e uma linguagem de programação aberta como é o *Scratch*. A nossa proposta também permite que pessoas com conhecimento prévio na linguagem de programação visual *Scratch* consigam codificar seus próprios cenários de programação para propor diferentes atividades do conteúdo escolar. Utilizar o Método Semio-participativo de Design nos permitiu criar uma solução computacional envolvendo as principais partes interessadas, favorecendo a construção de sentido para o ambiente de programação tangível no contexto educativo.

Entre as contribuições do nosso trabalho estão:

- i) do ponto de vista conceitual e metodológico, estudamos o tema, propusemos e experimentamos o ambiente TaPrEC, ilustrando a adequação do design Semio-participativo para o desenvolvimento do ambiente e seu uso no cotidiano do PRODECAD. Publicamos o artigo "*TaPrEC: Desenvolvendo um ambiente de programação tangível de baixo custo para crianças*" no XX Congresso Internacional de Informática Educativa TISE 2015 (Carbajal, M. L., & Baranauskas, M. C. C. TaPrEC: Desenvolvendo um ambiente de programação tangível de baixo custo para crianças);
- ii) do ponto de vista prático, desenvolvemos um software utilizando a linguagem *Scratch* que permite armazenar os identificadores das etiquetas RFID e permite interagir com o entorno *Scratch* 1.4. Criamos um DVD com resumos das Oficinas Experimentais que foi distribuído entre crianças, professores e pessoal administrativo do PRODECAD. Criamos dois conjuntos completos do ambiente TaPrEC (kits) cada um composto por 100 Blocos de Programação, um leitor RFID, um *Raspberry Pi* 2 Modelo B, um micro cartão SD, uma fonte de alimentação, um adaptador HDMI/VGA e uma caixa de som. Criamos um tutorial explicando a montagem do hardware do ambiente TaPrEC, a funcionalidade dos Blocos de Programação para criar programas tangíveis com os conceitos de Sequências, Repetições e Procedimentos.

Quando começamos as Oficinas Experimentais percebemos certa rejeição por parte dos professores com relação à programação de computadores. Depois de algumas conversas descobrimos que alguns professores tinham participado de oficinas com o *Logo* e acharam um pouco complicada a lógica dessa linguagem de programação. Esses professores tinham uma predisposição negativa com relação à programação de computadores. Esse fato dificultou sua participação nas primeiras Oficinas Experimentais por exemplo algumas vezes não queriam mexer com o ambiente TaPrEC e preferiam participar apenas com o planejamento da solução em papel. Essa experiência é uma lição importante sobre o envolvimento dos participantes. Uma etapa prévia interessante ao nosso Estudo de Caso houvesse sido realizar conversas e entrevistas com os participantes para conhecer suas opiniões e experiências sobre a programação de computadores.

Como nosso principal trabalho futuro está o envolvimento das crianças e professores no design dos símbolos dos Blocos de Programação. Em particular dos símbolos dos blocos de Repetição e Procedimento. Durante as Oficinas Experimentais notamos que os símbolos propostos ocasionaram problemas no entendimento das sintaxes desses conceitos, por exemplo, as crianças confundiam o símbolo de “fim da repetição” com o “bloco de fim” devido que ambas as peças eram representadas com uma bola.

Outro próximo passo está relacionado com a extensão do ambiente TaPrEC. Para uma versão futura planejamos acrescentar novos conceitos de programação como por exemplo as estruturas condicionais e as variáveis, que implicará a criação de novos Blocos de Programação.

Ainda como trabalho futuro pretendemos melhorar nosso ambiente trabalhando mecanismos de *debugging* que permitam encontrar erros mais facilmente.

Depois de realizar o Estudo de Caso com o ambiente TaPrEC surgiu uma pergunta de pesquisa interessante: *As crianças que utilizaram TaPrEC para iniciar com a programação de computadores terão maior facilidade de aprender a linguagem de programação Scratch?*. Uma forma de responder essa pergunta seria realizar um estudo comparativo entre dois grupos de crianças: i) um grupo que utilize primeiro o ambiente TaPrEC e depois o ambiente *Scratch*; e ii) outro grupo que utilize diretamente o ambiente *Scratch*. Dessa forma comprovaríamos o impacto do TaPrEC na aprendizagem de linguagens de programação mais complexas como é o caso de *Scratch*.

Referências Bibliográficas

- [1] Harold Abelson and Andrea A DiSessa. *Turtle geometry: The computer as a medium for exploring mathematics*. MIT press, 1986.
- [2] M Cecilia C Baranauskas, Juliano Schimiguel, CAC Simoni, and CMB Medeiros. Guiding the process of requirements elicitation with a semiotic approach. In *11th International Conference on Human-Computer Interaction*, pages 100–111, 2005.
- [3] Maria Cecília Calani Baranauskas, Maria Cecília Martins, and José Armando Valente. *Codesign de Redes Digitais: tecnologia e educação a serviço da inclusão social*. Penso Editora, 2013.
- [4] MCC Baranauskas, MC Martins, and R de Assis. *Xo na escola e fora dela: uma proposta semio-participativa para tecnologia, educação e sociedade*, 2012.
- [5] Margaret M Bradley and Peter J Lang. Measuring emotion: the self-assessment manikin and the semantic differential. *Journal of behavior therapy and experimental psychiatry*, 25(1):49–59, 1994.
- [6] Douglas H Clements. Effects of logo and cai environments on cognition and creativity. *Journal of Educational Psychology*, 78(4):309, 1986.
- [7] Douglas H Clements. The future of educational computing research: The case of computer programming. *Information Technology in Childhood Education Annual*, 1999(1):147–179, 1999.
- [8] Stephen Cooper, Wanda Dann, and Randy Pausch. Teaching objects-first in introductory computer science. In *ACM SIGCSE Bulletin*, volume 35, pages 191–195. ACM, 2003.
- [9] Christian Floerkemeier and Matthias Lampe. Issues with rfid usage in ubiquitous computing applications. In *Pervasive Computing*, pages 188–193. Springer, 2004.
- [10] M Horn. Topcode: Tangible object placement codes. Retrieved from <http://lusers.eecs.northwestern.edu/~mmhorn/topcodes/>, 2012.
- [11] Michael S Horn and Robert JK Jacob. Designing tangible programming languages for classroom use. In *Proceedings of the 1st international conference on Tangible and embedded interaction*, pages 159–162. ACM, 2007.

- [12] Michael S Horn and Robert JK Jacob. Tangible programming in the classroom with tern. In *CHI'07 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 1965–1970. ACM, 2007.
- [13] Michael S Horn, Erin Treacy Solovey, R Jordan Crouser, and Robert JK Jacob. Comparing the use of tangible and graphical programming languages for informal science education. In *Proceedings of the SIGCHI Conference on Human Factors in Computing Systems*, pages 975–984. ACM, 2009.
- [14] Hiroshi Ishii and Brygg Ullmer. Tangible bits: towards seamless interfaces between people, bits and atoms. In *Proceedings of the ACM SIGCHI Conference on Human factors in computing systems*, pages 234–241. ACM, 1997.
- [15] Elizabeth R Kazakoff, Amanda Sullivan, and Marina U Bers. The effect of a classroom-based intensive robotics and programming workshop on sequencing ability in early childhood. *Early Childhood Education Journal*, 41(4):245–255, 2013.
- [16] Jae Yeol Lee, Dongwoo Seo, Byung Youn Song, and Rajit Gadh. Visual and tangible interactions with physical and virtual objects using context-aware rfid. *Expert Systems with Applications*, 37(5):3835–3845, 2010.
- [17] Yuen-Kuang Cliff Liao and George W Bright. Effects of computer programming on cognitive outcomes: A meta-analysis. *Journal of Educational Computing Research*, 7(3):251–268, 1991.
- [18] Kecheng Liu. *Semiotics in information systems engineering*. Cambridge University Press, 2000.
- [19] John Maloney, Leo Burd, Yasmin Kafai, Natalie Rusk, Brian Silverman, and Mitchel Resnick. Scratch: a sneak preview [education]. In *Creating, Connecting and Collaborating through Computing, 2004. Proceedings. Second International Conference on*, pages 104–109. IEEE, 2004.
- [20] Timothy S McNerney. From turtles to tangible programming bricks: explorations in physical language design. *Personal and Ubiquitous Computing*, 8(5):326–337, 2004.
- [21] Timothy Scott McNerney. *Tangible programming bricks: An approach to making programming accessible to everyone*. PhD thesis, Massachusetts Institute of Technology, 1999.
- [22] Seymour Papert. *Mindstorms: Children, Computers, and Powerful Ideas*. Basic Books, Inc., New York, NY, USA, 1980.
- [23] Radia Perlman. How to use the slot machine. Technical report, Logo Working Paper 43, Logo Laboratory, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, 1976.
- [24] Radia Perlman. Using computer technology to provide a creative learning environment for preschool children. 1976.

- [25] Raspberry Pi. <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>. <https://www.raspberrypi.org/help/what-is-a-raspberry-pi/>, June 2015.
- [26] Jean Piaget. *The language and thought of the child*, volume 5. Psychology Press, 1959.
- [27] Lauren B Resnick. *Education and learning to think*. National Academies, 1987.
- [28] Mitchell Resnick. Scratchjr: Coding for young kids, 2014.
- [29] Glenda Revelle, Oren Zuckerman, Allison Druin, and Mark Bolas. Tangible user interfaces for children. In *CHI'05 Extended Abstracts on Human Factors in Computing Systems*, pages 2051–2052. ACM, 2005.
- [30] Ronald Stamper. Social norms in requirements analysis: an outline of measur. In *Requirements engineering*, pages 107–139. Academic Press Professional, Inc., 1994.
- [31] H Suzuki and H Kato. Algoblock: a tangible programming language, a tool for collaborative learning. In *Proceedings of 4th European Logo Conference*, pages 297–303, 1993.
- [32] Danli Wang, Tingting Wang, and Zhen Liu. A tangible programming tool for children to cultivate computational thinking. *The Scientific World Journal*, 2014, 2014.
- [33] Danli Wang, Cheng Zhang, and Hongan Wang. T-maze: a tangible programming tool for children. In *Proceedings of the 10th International Conference on Interaction Design and Children*, pages 127–135. ACM, 2011.
- [34] Danli Wang, Yang Zhang, and Shengyong Chen. E-block: A tangible programming tool with graphical blocks. *Mathematical Problems in Engineering*, 2013, 2013.
- [35] Danli Wang, Yang Zhang, Tianyuan Gu, Liang He, and Hongan Wang. E-block: a tangible programming tool for children. In *Adjunct proceedings of the 25th annual ACM symposium on User interface software and technology*, pages 71–72. ACM, 2012.
- [36] Jeannette M Wing. Computational thinking. *Communications of the ACM*, 49(3):33–35, 2006.
- [37] Peta Wyeth and Gordon F Wyeth. Electronic blocks: Tangible programming elements for preschoolers. In *IFIP TC. 13 International Conference on Human-Computer Interaction*, volume 1, pages 496–503. IOC Press, 2001.
- [38] Diana Xu. Tangible user interface for children-an overview. In *Proceedings of the SIXTH Conference in the Department of Computing*, pages 579–584. Citeseer, 2005.
- [39] Oren Zuckerman, Saeed Arida, and Mitchel Resnick. Extending tangible interfaces for education: digital montessori-inspired manipulatives. In *Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 859–868. ACM, 2005.